

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL GPS NİRENGİ AĞI 1999 VE 2005 KAMPANYALARINDAN
YARARLANARAK İSTANBUL METROPOLİTAN ALANINDA DEPREM
SONRASI HAREKETLERİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Merve ÖZYAŞAR**

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

ŞUBAT 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL GPS NİRENGİ AĞI 1999 VE 2005 KAMPANYALARINDAN
YARARLANARAK İSTANBUL METROPOLİTAN ALANINDA DEPREM
SONRASI HAREKETLERİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Merve ÖZYAŞAR
501061616**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 2009**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Tefik ÖZLÜDEMİR (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Rahmi N. ÇELİK (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞANLI (BÜ)**

ŞUBAT 2009

ÖNSÖZ

Doğu Marmara depremleri binlerce insanın ölmesine, yaralanmasına ve yıllarca süren psikolojik sorunlar yaşamasına neden olmuştur. Bu depremlerin yaşanmasının nedeni kader değildi, binlerce insanın ölmesine neden olan felaketin asıl adı da deprem değildi. Sorumluların sorunları yeterince görmemesinden yada görmek istememesinden kaynaklı sorunlar yumağının şehirlerin üzerine çökmesiyle yıkıldı binalar...

Doğu Marmara depremlerinden sonra bu bölgede bir çok çalışma yapıldı. Bu çalışmada; Kuzey Anadolu Fay zone üzerinde, Doğu Marmara depremlerinden önce ve sonra gerçekleştirilen çalışmaların ışığında, İstanbul GPS Nirengi Ağı 1999 ve İstanbul GPS Nirengi Ağı 2005 ölçmelerinden elde edilen noktalardan yararlanılarak İstanbul metropoliten alanındaki bu noktalarda meydana gelen yatay ve düşey konum değişimleri belirlenerek, bu konum değişimlerinin İstanbul zemin yapısı ile ilişkilendirilmesi amaçlandırılmıştır.

Her alandaki tecrübe ve birikimiyle bana yol gösteren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Tefik Özlüdemir'e; çalışma süresince bilgi ve deneyimi ile bana yardımcı olan hocam Araş. Gör. Mustafa Acar'a; öğrenimim boyunca bana emek vermiş tüm hocalarıma; varlığı ile bana güç veren Özgür Avcı'ya; moral destekleri için Taylan Mercan ve Kerem Halıcıoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak kızlarının eğitimi için her türlü fedakârlığı yapan babam Cemil Özyaşar'a, varlığı ve desteği ile bana güç veren annem Meliha Özyaşar'a teşekkür ederim.

Saygı ve Teşekkürlerimle...

Şubat 2009

Merve ÖZYAŞAR

Jeodezi ve Fotogrametri Müh.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE’NİN JEODİNAMİK YAPISI	5
2.1 Marmara Bölgesinin Tektonik Yapısı	5
2.2 Güncel Tektonik	7
2.2.1 17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım Düzce Depremleri	7
2.2.2 Aktif Tektonik Çalışmaları	9
2.2.2.1 Yerbilimleri alanında gerçekleştirilen çalışmalar	9
2.2.2.2 Jeodezik Çalışmalar	14
3. TÜRKİYE’DE JEODEZİK AĞ ÇALIŞMALARI VE İGNA	19
3.1 Türkiye Ulusal Nirengi Ağı.....	19
3.2 Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı	20
3.3 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)	21
3.4 İGNA (İstanbul GPS Nirengi Ağı).....	23
3.4.1 İGNA-1999	24
3.4.1.1 İGNA-1999 Tasarımı	24
3.4.1.2 GPS Ölçmelerinin Planlanması ve Ölçmeler	25
3.4.1.3 İGNA-1999 Kapsamında GPS Ölçmelerinin Değerlendirilmesi	25
3.4.1.4 Ana Ağın Değerlendirilmesi	25
3.4.1.5 Sıklaştırma Ağının Değerlendirilmesi.....	27
3.4.1.6 ITRF94 ile ED50 Arasındaki Dönüşüm.....	27
3.4.2 İGNA-2005	28
3.4.2.1 GPS Ölçmelerinin Planlanması.....	28
3.4.2.2 Ölçmelerin Değerlendirilmesi.....	30
3.4.2.3 Ana Ağ	30
3.4.2.4 Sıklaştırma Ağı	31
4. 1999-2005 İGNA SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	33
5. İSTANBUL ZEMİN YAPISI VE NOKTA HAREKETLERİ İLE İLİŞKİSİ	37
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR	43
EKLER.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	51

KISALTMALAR

KAF	:Kuzey Anadolu Fayı
İGNA	:İstanbul GPS Nirengi Ağı
GPS	:Global Positioning System
ITRF	:International Terrestrial Reference Frame
ED50	:Europen Datum 1950
KAFS	:Kuzey Anadolu Fay Sistemi
GMAFS	:Güney Marmara Alt Fay Sistemi
KMAFS	:Kuzey Marmara Alt Fay Sistemi
İEFZ	:İnönü-Eskişehir Fay Zonu
BFZ	:Bursa Fay Zonu
MAGNET	:Marmara Sürekli GPS Ağı
D	:Doğu
B	:Batı
K	:Kuzey
G	:Güney
TUDKA	:Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı
GMT	:The Generic Mapping Tools
BÖHHBÜY	:Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
NEHRP	:National Earthquake Hazards Reduction Program
SLR	:Satellite Laser Ranging

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Türkiye Ulusal Nirengi Ağı bilgileri	20
Çizelge 3.2 : TUTGA ağı bilgileri.....	22
Çizelge 5.1 : S-dalga hızı sınıflandırması.....	38
Çizelge A.1: İGNA 1999 ve İGNA 2005’de ortak kullanılan noktaların UTM projeksiyonunda sağa yukarı koordinatları farkları.....	46

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası.....	5
Şekil 2.2 : Marmara Denizi ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.	7
Şekil 2.3 : Ağustos 1999 depremi yüzey kırık izi haritası.....	8
Şekil 2.4 : Batıdan doğuya doğru segmentler üzerindeki atım değerlerinin azalımı.	13
Şekil 3.1 : Türkiye Ulusal Nirengi Ağı.....	19
Şekil 3.2 : Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı.	22
Şekil 3.3 : TUTGA'nın Yatay (a), düşey (b) hız vektörleri	23
Şekil 3.4. : 1911-1969 arası kadastral amaçlı İstanbul jeodezik referans ağları.....	23
Şekil 3.5 : İGNA Ana GPS Ağı 2005.	29
Şekil 4.1 : Ana Ağ noktaları yatay konum değişimleri.	34
Şekil 4.2 : Ana Ağ noktaları düşey konum değişimleri.....	34
Şekil 4.3 : Sıklaştırma Ağı noktaları yatay konum değişimleri.....	35
Şekil 4.4 : Sıklaştırma Ağı noktaları düşey konum değişimleri.	35
Şekil 4.5 : İGNA noktaları yatay konum değişimleri ve KAF ...	36
Şekil 5.1 : İstanbul ili deprem bölgeleri haritası.....	37
Şekil 5.2 : İstanbul zemin sınıflandırma haritası I.....	39
Şekil 5.3 : İstanbul zemin sınıflandırma haritası.II.....	39

İSTANBUL GPS NİRENGİ AĞI 1999 VE 2005 KAMPANYALARINDAN YARARLANARAK İSTANBUL METROPOLİTAN ALANINDA DEPREM SONRASI HAREKETLERİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Anadolu ve Avrasya tektonik levhalarının sınırını oluşturan Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağı Türkiye'nin doğusunda başlayan ve batıya doğru hareketle çok büyük can ve mal kayıplarına neden olan birçok depremlerin oluşmasına neden olmuştur. Kuzey Anadolu Fay Kuşağı'nın bir parçası olan Marmara bölgesinin doğusunda 17 Ağustos 1999 (İzmit) ve 12 Kasım 1999 (Düzce) tarihlerinde iki büyük deprem olmuştur. Oluşan bu deprem bölgedeki jeodezik ağlarında deformasyonuna yol açmıştır.

Bu çalışmada amaç; İstanbul GPS Nirengi Ağı 1999 ve 2005 kampanyalarından yararlanarak İstanbul metropoliten alanında deprem sonrası hareketlerin belirlenmesidir. Doğu Marmara depremlerinden önce ve sonra bölgede birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak, yapılan bilimsel çalışmalar incelenerek çalışma alanının genel karakteristik özellikleri değerlendirilmiştir.

Mühendislik çalışmalarına altlık oluşturmak üzere İstanbul ili metropoliten alanını kapsayacak şekilde kurulan jeodezik bir ağ olan İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA) 1999 yılında kurulmuş, 1999 da yaşanan Doğu Marmara depremlerinin etkileri göz önünde bulundurularak 2005 yılında yenileme ölçüleri yapılmıştır. Bu çalışmada, İstanbul GPS Nirengi Ağı 1999 ve 2005 kampanyalarından elde edilen sonuçlardan yararlanılarak ortak noktalar için yatay ve düşey konum değişimlerinin analizi ve irdelenmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarla Ana Ağ, Sıklaştırma Ağı için görselleştirme yapılarak konum değişimleri vektörel olarak gösterilmiştir. İstanbul zemin yapısı da göz önünde bulundurularak, konum değişimlerinin zemin ile ilişkisi incelenerek çalışma sonlandırılmıştır.

DETERMINATION OF THE AFTER EARTHQUAKE MOVEMENTS AT THE ISTANBUL METROPOLITAN REGION BY MEANS OF ISTANBUL GPS CONTROL NETWORK 1999 AND 2005 CAMPAIGNS

SUMMARY

North Anatolian Fault zone, which forms the boundary between Anatolia and Eurasia Tectonic plates, moves from eastern part of Turkey towards western part and causes many earthquakes which results in loss of life and property. At the east of Marmara region which is a part of North Anatolian Fault Zone, two big earthquakes took place at 17th of August 1999 (İzmit) , and 12th of November 1999 (Düzce). These earthquakes deformed the Geodetic Networks at the region.

The aim of this study; determination of the movements at the İstanbul Metropolitan Region by means of İstanbul GPS Control Networks 1999 and 2005 campaigns. Many scientific studies have taken place before and after eastern Marmara earthquakes. These scientific studies are analysed and general characteristics of study area is evaluated.

İstanbul GPS Control Network which covers the İstanbul Metropolitan Region is established in 1999 to serve as a base for engineering studies, and resurveyed in 2005 by taking into account the effects of eastern Marmara earthquakes. In this study by the help of the results of 1999 and 2005 campaigns of İstanbul GPS Control Network, horizontal and vertical positional changes are analysed and investigated at common network points. With the achieved results, positional changes are shown by vectors for the main network and densification network. The study is finalised by taking into account the soil structure of Istanbul, and analysing the relation between positional changes and soil.

1. GİRİŞ

Anadolu, dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu deprem kuşağı, Azor takım adalarından başlayıp, Uzakdoğu'da Endonezya'ya kadar uzanır ve genel anlamda Avrasya, Afrika ve Hint-Avustralya levhalarının göreceli hareketlerinden oluşan depremleri içeren aktif bir kuşaktır (McKenzie, 1972).

Türkiye ve çevresi bu önemli deprem kuşağının Akdeniz bölgesindeki en hareketli kısmını teşkil eder. Anadolu, bu kuşağın genel nitelikleri yanı sıra kendine has birtakım jeolojik özelliklerini de içermektedir. Kuzeyde Avrasya, güneyde Afrika-Arabistan levhaları arasında kalan Türkiye jeolojisi, bu iki levhanın sürekli hareketlerine ve bu levhalar arasında yer almış olan eski ve yeni Tetis okyanusunun jeotektonik evrimine bağlı olarak gelişmiştir. Arap levhası Bitlis Bindirme Kuşağı boyunca Avrasya'ya çarpmıştır. Arap levhasının kuzeye doğru hareketi ve Avrasya'ya çarpması sonucu, Doğu Anadolu kuzey-güney yönünde sıkışmış ve tüm Anadolu levhası üzerinde yeni tektonik dönem başlamıştır.

Bugün Anadolu'da gözlenen tüm genç ve etkin tektonik hareketler, kırık kuşakları ve deprem etkinliği 15 milyon yıl önce başlayan ve günümüzde de devam eden çarpışma mekanizmasının ürünüdür. Bu mekanizmanın doğurduğu gerilme, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay kuşaklarının oluşmasına yol açmıştır. Böylece Anadolu levhası bu fay kuşakları boyunca batıya doğru yanal kayma hareketlerine başlamıştır. Afrika levhasının bir parçası durumunda olan Arap levhası, Avrasya levhasına doğru kuzeye hareket etmekte ve Doğu Anadolu'yu sıkıştırmaktadır. Böylece Anadolu levhası bu sıkıştırmanın etkisi ile Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF) ve Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki kaymanın getirdiği kolaylıkla batıya doğru hareket etmektedir (Şengör, 1979).

Kuzey Anadolu Fay Zonu, Anadolu ve Karadeniz levhaları arasındaki göreceli hareketi sağlayan ve Karlıova-Saros Körfezi arasında yaklaşık 1200 km uzunluğu olan sismik olarak son derece diri sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Kuzey Anadolu Fay Zonu asırlardır meydana gelen büyük depremler sonucu bugünkü halini

almıştır. 1999 İzmit Depremi ve Düzce depremi öncesinde, 1900-1998 yılları arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda aletsel büyüklüğü $M_s \geq 5.5$ olan 34 hasar yapıcı deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden 9'u ($M_s \geq 6.5$) yüzey faylanması oluşturmuş ve fayın 800 km'lik bölümünü kırmıştır. Kırıklar üzerinde 1.5 m-4.5 m ve 40 cm-100 cm arasında değişen yatay ve düşey ötelenmeler olmuştur. Fayın iki bloğu arasında, yaklaşık ortalama 90 cm sağ yanal atım gelişmiştir (Ketin, 1969).

Anadolu ve Avrasya tektonik levhalarının sınırını oluşturan Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağı Türkiye'nin doğusunda başlayan ve batıya doğru hareketle çok büyük can ve mal kayıplarına neden olan birçok depremlerin oluşmasına neden olmuştur. KAF'ın bir parçası olan Marmara bölgesinin doğusunda 3 ay içinde 17 Ağustos 1999 (İzmit) ve 12 Kasım 1999 (Düzce) tarihlerini içeren iki büyük deprem oluşmuştur. Bu depremler sonucunda bölgede büyük çaplı mal ve can kayıpları meydana gelmiştir (Barka, 1999).

Doğu Marmara depremlerinden önce ve sonra bölgede birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bazılarında denizin şelf, yamaç ve derin düzlük kısımlarında değişik jeolojik ve jeofizik ölçümler alınmış, numuneler derlenmiş ve aktif fay bölgelerinde denizaltı video çekimleri yapılmış ve yüksek teknolojiye sahip alet ve cihazlar kullanılmıştır. Çalışmaların ana hedefleri ağırlıklı olarak Marmara Denizi'nin yapısal evrimi, depremselliği ve çökme süreçleri ile batimetrisidir. Jeodezik çalışmaların hedefi ise yer kabuğundaki gerilmelere ve depremlere neden olan küçük yer kabuğu hareketlerinin ya da deprem anı ve sonrasında meydana gelen konum değişimlerinin yeri, yönü ve büyüklüğünün saptanması olmuştur. Bu amaç doğrultusunda yerel kontrol ağları ya da ulusal jeodezik ağlar kullanılmıştır.

Mühendislik çalışmalarına altlık oluşturmak üzere İstanbul ili metropolitan alanını kapsayacak şekilde kurulan jeodezik bir ağ olan İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA), Uluslararası Yersel Referans Ağı ve ED50 datumunda (European Datum 1950) doğru ve güvenli olarak nokta koordinatlarının üretildiği yeterli sıklıkta noktaya sahip olacak şekilde kurulmuştur. İGNA'nın bir yandan ülke GPS ağı olan TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı) ile, bir yandan da yersel tekniklerle geçmişte kurulan Türkiye Ulusal Nirengi Ağı ile bağlantısının sağlanması için her iki ağla ilişkisi jeodezik olarak kurulmuştur. Bunun için TUTGA'dan 5, Ulusal Nirengi Ağından 8 ve İstanbul Metropolitan Nirengi Ağından 7 nokta ile 34 yeni seçilmiş noktadan, kenar uzunlukları 15-20 km olan ve İstanbul il sınırlarını pratik olarak

kaplayan bir ana ağ tasarlanmıştır. 1999 yılında kurulan İGNA'da, 1999 Doğu Marmara depremlerinin etkileri göz önünde bulundurularak 2005 yılında yenileme ölçüleri yapılmıştır. Bu ölçme kampanyasında 1999 yılında yaklaşık 650 olan nokta sayısı yaklaşık 1900'e çıkmıştır.

Bu çalışmada amaç, İstanbul GPS Nirengi Ağı 1999 ve 2005 kampanyalarından yararlanarak İstanbul metropolitan alanında deprem sonrası hareketlerin belirlenmesidir. Bu amaçla, 1999 ve 2005 kampanyalarının her ikisinde de bulunan ortak noktalardan yararlanılmıştır. Tez çalışması kapsamında, 2. bölümde genel olarak Türkiye'nin, özel olarak ise Marmara Bölgesinin tektonik yapısı ile bölgede yürütülen deprem konulu çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara değinilmiş, 3. Bölümde İGNA ağından ve ağın oluşturulmasına ilişkin yapılan çalışmalar konu edilmiş, 4. bölümde 1999 ve 2005 kampanyalarından elde edilen yatay ve düşey konum değişimlerinin analizi ve irdelemesi yapılmış, 5. bölümde ise elde edilen bu sonuçlar İstanbul'un zemin yapısı ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar ve elde edilen bu sonuçlar ekseninde yapılan öneriler son bölümde sunulmuştur.

2. TÜRKİYE’NİN JEODİNAMİK YAPISI

Afrika, Arap ve Avrupa tektonik plakalarının çarpışma bölgesinde yer alan Türkiye’deki plaka hareketleri;

- Arap plakasının kuzey-kuzeybatı doğrultusundaki hızla hareketi sonucu, Doğu Anadolu Bölgesi’nin sıkışması ve Anadolu plakasının 20-25 mm/yıl hızla batıya hareket edip saat ibresinin tersi yönde dönmesi,
- Afrika plakasının ise 5-10 mm/yıl hızla kuzey yönde hareketi ile Anadolu plakasının altına dalması ve
- Ege plakasının kuzey-güney yönünde genişlemesi şeklinde özetlenebilir (McClusky ve diğ, 2000). Türkiye’nin basitleştirilmiş tektonik haritası şekil 2.1 de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası, (Anonim, 2002)

2.1 Marmara Bölgesinin Tektonik Yapısı

Marmara Bölgesi yaklaşık olarak 26°-31° doğu boylamları ve 40°-41°30’ kuzey enlemleri ile sınırlanan alandır. Bu alan çok sayıda yapısal tektonik yükselti ve bu yükseltiler arasında kalan fay denetimli havzalar ile şekillenir. Yükseltiler arasında Kocaeli, Istranca, Rodop, Ganos, Gelibolu yarımadası, Kapıdağ, Uludağ ve Armutlu tektonik blokları; fay denetimli havzalar arasında ise İzmit-Sapanca, Adapazarı,

Geyve, İznik, Gemlik, İnegöl, Bursa, Saros, Ergene ve Marmara Denizi ile İstanbul ve Çanakkale boğazları sayılabilir. Gerek tarihsel, gerekse aletsel dönem olarak da tanımlanabilecek dönemde gerçekleşen güncel depremlerle kanıtlanmış olduğu gibi, Marmara bölgesinin depremselliği göreceli olarak çok yüksektir. Marmara bölgesinde, milattan sonra 29 ve 1894 yılları arasında şiddeti IX ve X arasında değişen 18 tarihsel; 1912 ve 1999 yılları arasında ise büyüklüğü 6.1 ile 7.4 arasında değişen 13 adet güncel yıkıcı deprem yaşanmıştır. Bu istatistiksel veriler, Marmara bölgesinde her yüz yılda bir tarihsel ve her yedi yılda bir de güncel yıkıcı depremin oluştuğunu işaret etmektedir. Bu denli yüksek sismik etkinlik, Marmara bölgesindeki deprem tehlikesi için kritik öneme sahiptir; çünkü, Türkiye nüfusunun dörtte biri ve sanayi merkezlerinin çoğunluğu Marmara bölgesinde yer almaktadır.

Marmara bölgesindeki yüksek deprem etkinliği ve deprem tehlikesinden, eşzamanlı olarak etkinlik gösteren iki neotektonik rejim ve bu rejimleri karakterize eden faylar sorumludur. Sözü edilen rejimler, doğrultu atımlı neotektonik rejim ve genişleme türü neotektonik rejimdir. Bu rejimler sırayla, sağ yanal doğrultu atımlı bir fay sistemi olan Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFS) batı kesimi ve verrev atımlı normal faylarla karakterize edilir. Marmara bölgesinde, KAFS iki alt fay sistemiyle temsil edilir. Bunlar Güney Marmara alt fay sistemi (GMAFS) ve Kuzey Marmara alt fay sistemidir (KMAFS). GMAFS başlıca Yenice-Gönen, Sarıköy-Aşağı İnova, Edincik-Denizkent ve Geyve-İznik fay zonlarından; KMAFS ise Ganos, Işıklar, Kuzey Marmara, Adalar, Hendek-Yığılca, Gölcük-Akyazı ve Karapürçek-Sapanca fay zonlarından oluşur. Marmara bölgesinin Bursa kesimi çoğunlukla genişleme türü neotektonik rejimin ve bu rejim ile ilgili normal fayların etkisi altındadır. Bunlar İnönü-Eskişehir fay zonu (İEFZ) ve Bursa fay zonudur (BFZ). Gerek tarihsel, gerekse aletsel dönemde, Güney ve Kuzey Marmara alt fay sistemleri ile Bursa fay zonunu oluşturan çeşitli fay segmentleri etkinlik kazanmış ve büyük yıkıcı depremler üretmiştir. Bu aktif fay segmentlerinin bazıları kısa süreli (39-151 yıldır), diğer bazıları ise uzun süreli (246-587 yıldır) sismik boşluk özelliği taşımaktadır. Uzun süreli sismik boşluk özelliğindeki aktif fay segmentleri arasında İzmit, Yeşilköy, Kumburgaz, Orta Marmara, Naimköy, Işıklar, Evreşe, Denizkent, Edincik, Sarıköy-Aşağıınova, Bandırma, Yenice, Boğazköy, Gençali, Gemlik, Narlıca, Çamdibi, Mekece-Geyve, Demirtaş ve Soğukpınar fay segmentleri sayılabilir. Bütün bu fay segmentleri yıkıma yol açan büyük deprem yaratma potansiyeline sahiptir, başka bir

ile 3.02’de $M_w = 7.4$, $M_d = 6.7$ (M_w : Moment Büyüklüğü, M_d : Süreye bağlı büyüklük) olan büyük bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sırasında, Düzce güneybatısından Marmara denizinde Yalova kuzeybatısına kadar yaklaşık uzunluğu 120 kilometreyi aşan bir kırık oluşmuştur (Şekil 2.3). Bu depremde, en fazla hasar Kocaeli ve Sakarya illerinde meydana gelmiştir. Deprem odak çözümü incelendiğinde depremin sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde geliştiği gözlenmektedir. Bu çözüm de Kuzey Anadolu Fay sisteminin (KAFS) genel karakteristiğine uymaktadır (Cerit ve diğ., 1999).

Şekil 2.3: Ağustos 1999 depremi yüzey kırık izi haritası (Cerit ve diğ., 1999).

12 Kasım 1999 depremi, batıda Efteni Gölü ile doğuda Bolu viyadükleri arasında uzanan KAFS'nin yaklaşık 35 km'lik bir kısmında yüzey faylanması meydana getirmiştir. Deprem dış-merkezi, Dağdibi köyü ile Fındıklı köyü arasında yer almaktadır. Deprem dış-merkezinin Düzce-Kaynaşlı arasında olması, yırtılmanın iki yönlü ilerlediğini göstermektedir. Batıda Efteni gölü ile doğuda Asardere suyu

Vadisi arasında yüzeyde gözlenen faylanma uzunluğu her ne kadar 35 km olarak görünmekle birlikte, derinlerde deprem kırık uzunluğunun en azından 60 km olduğu düşünülmektedir. 12 Kasım 1999 kırığı, derinde batıda 17 Ağustos deprem kırığının doğu ucu olan Karadere segmenti ile doğuda Elmalık Fayı boyunca Bolu Havzası güneyinden geçen ana fay arasında uzanma olasılığı yüksek görünmektedir (Demirtaş ve diğ., 2000).

2.2.2 Aktif Tektonik Çalışmaları

17 Ağustos 1999 depremi birçok bilim adamının ilgisini çekmiştir. Depremi hemen sonrasında yapılan çalışmalarla birçok araştırma makalesi ve tartışma makalesi yayımlanmıştır. Yapılan bu çalışmaları farklı yerbilimi disiplinlerinin birlikte gerçekleştirdikleri çalışmalar ve jeodezyenlerin ağırlıkta olduğu kişi ya da grupların gerçekleştirdikleri çalışmalar şeklinde iki ayrı bölümde ele almak olasıdır. Bu alt bölümde her iki gruba ait olan bu çalışmalardan başlıca örnekler sunulmaktadır.

2.2.2.1 Yerbilimleri alanında gerçekleştirilen çalışmalar

Taymaz ve diğ (1991), Marmara Denizi ve çevresinde oluşmuş tarihsel dönemdeki depremleri cisim dalgaları modellemesi yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Yorumları; aletsel dönemde olan ve yıkımlara neden olan depremlerin yerleri, fay zonları ile ilişkisi ve fay düzlemi çözümlerine dayanmaktadır. Bu çözümler ışığında, Marmara Bölgesi'nde 1.7-2.4 cm/yıl arasında değişen hızla sağ yönlü (D-B) atımının olduğu, KAF'ın Marmara Denizi yakın çevresinde birkaç kola ayrıldığı ve oluşan deformasyonun yaklaşık 120 km genişlikte bir zona yayıldığı ve bu zonun, Ganos Fayı ile devam ederek Kuzey Ege'ye uzandığı düşünülmektedir.

Barka ve diğ., (1999), depremin İzmit Körfezi ile Düzce güneybatısı arasında yaklaşık olarak 120 km uzunluğunda ve dört ayrı segmentten oluştuğuna işaret edip Körfez ile Akyazı arasında kalan kısmın ana kırığı oluşturduğunu belirtmiştir. Yazarlar, 17 Ağustos 1999 depremi sonrasındaki aktivitenin İzmit Körfezi ve Çınarcık çukurluğundaki segmentlerin üzerinde var olan deprem riskini daha da arttırdığını ifade etmişlerdir.

Okay ve diğ., (1999), İzmit Körfezine kadar tek bir kol oluşturan KAF'ın, körfez içinde önce ikiye çatallanmakta, daha sonra kuzeydeki kol körfez çıkışında tekrar ikiye ayrıldığını ifade etmektedir. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nin Armutlu

Yarımadasını kuzeyden sınırlayan Armutlu Fayı üzerinde meydana geldiğini söyleyen yazarlar, daha kuzeyde bulunan iki fayın Güney Sınır ve Kuzey Sınır fayları olarak adlandırıldığını ve bu iki fay arasında kalan çukurluğun Çınarcık Çukurluğu olduğunu kabul etmişlerdir. Yazarlar, aktivitesi daha fazla görünen Kuzey Sınır Fayı'nın normal atım mekanizması nedeniyle şiddet olarak daha düşük derecede depremler yaratabileceğini ifade etmiştir.

İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsüne ait R/V Araştırma gemisindeki yüksek ayrımlı dijital sığ sismik sistem ile Marmara Bölgesinde geniş bir alanı etkileyen Kocaeli depremi ile İzmit Körfezi içindeki faylar araştırılmıştır (Alpar ve diğ., 1999). Bu çalışmada ifade edildiğine göre, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin İzmit Körfezi içinde gevşeyen bükümlerden oluşan tek bir fay olduğu söylenebilir. Ayrıca, uzun süreli GPS ölçümlerinin Kuzey Anadolu Fay Zonunun depremde çalışan segmentleri için yılda 20-22 mm ilerleme gösterdiği, çeşitli araştırmacılar tarafından yüzey kırığı üzerinde yapılan gözlemlerden 5.5 metre kadar sağ-yanal yer değiştirmeler rapor edilmiştir: Yazarlar bu kadar bir yer değiştirmenin oluşabilmesi için gereken enerjinin 333 ile 500 yıl arasında depolanabileceğini vurgulamışlardır.

Kuzey Batı Anadolu'da, 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen depremin tektonik özelliklerinin incelenmesi Cerit ve diğ. (1999) tarafından amaçlanmıştır. Çalışılan bölgede, yüzeyde gözlenen ve sağ yanal hareketi belirgin fay kırığının uzanımı genellikle Doğu-Batı olmakla birlikte, yer yer K70D ve D-B doğrultuları arasında da değişimler göstermektedir. Ana kırık hatları boyunca çeşitli atım değerleri gözlenmiş olup, en büyük yanal atım değeri Arifiye'nin doğusunda 4.6 metre olarak ölçülmüştür. Sapanca Gölü'nün batı kesiminde yer alan fay segmentlerinde sağ yanal hareketin yanısıra, yer yer güney bloğun kuzey blok üzerine K, K-KD ve KD doğrultularında değişim göstererek 80 cm'ye kadar ilerlediği belirlenmiştir. Ayrıca, bu yörelerde kırık hatlarının hemen güney kesiminde, genişliği 50 metreye ve derinliği ise 2 metreye kadar ulaşan çökmeler de gelişmiştir.

Yazarlara göre 17 Ağustos 1999 depremi sırasında oluşan ana fay kırığı en az 3 ayrı segmentten oluşmaktadır. Bu segmentlerden birincisi Akyazı ile Gölyaka arasında uzanmakta olup genel doğrultusu K65D ve K80D arasında değişmektedir. Bu kırık üzerinde Çarşıkkuru köyü civarında 1.5m yanal atım ve yaklaşık 80 cm civarında

düşmeler gözlenmiştir. Diğer bir segment ise Akyazı'nın yakın kuzeybatısında otoyol civarından başlayarak, batıya doğru Sapanca Gölü, kullar güzergahından İzmit körfezine ulaşmakta ve Gölcük'te kısmen yüzeyleyerek, muhtemelen körfezin güney sahiline yakın, deniz altında Dil Burnu'na (Hersek) kadar devam etmektedir. Bu segment üzerinde gözlenen en büyük yanal atım miktarı, Arifiye'nin doğusunda, Tarım İşletmeleri arazisi içinde sağ yanal 4.6 metre olarak ölçülmüştür. 17 Ağustos 1999 depremi sırasında gelişen ve yukarıda üç segment olarak tanımlanan ana kırık dışında dördüncü bir kırık zonu da Adapazarı kent içinde gelişmiştir . Genel uzanımı K75D ile D-B arasında olan bu zonun genişliği ise 30 metre ile 50 metre arasında değişmekte olup, 50-80 cm arasında bir çökme göstermektedir.

Gökten ve diğ. (1999), 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminde Hasarı Meydana Getiren Faktörleri incelerken yüzey kırığının yapısal özellikleri üzerinde durmuşlardır, 17 Ağustos 1999 İzmit depremine neden olan faylanmanın yol açtığı yüzey kırığı bazen tam sağ yanal doğrultu atımlı fay karakteri sunarken, uzanımı üzerinde bazen oldukça etkili bir eğim atım bileşeni de meydana getirdiği söylenmiştir. Bunun yanında fayda sıçramalar, kırılma zonu ve zon içerisinde ikincil yapısal özellikler ortaya çıkarılmıştır. Doğuda Düzce'nin güneyinden batıda Hersek gölü kuzeyine kadar karada yüzey kırığı görülebilen fay üzerindeki doğrultu atımlar incelendiğinde önce Düzce güneyinden Adapazarı'nın 6 km güneyindeki Kirazca köyüne kadar bir artışla 4.90 m'lik bir maksimum ulaştığı, doğrultu atımın buradan Sapanca Gölü batısına kadar azaldığı ve Gölcük'e kadar yeniden artarak burada ikinci bir maksimuma ulaştığı görülmüştür. Buna göre kırılan fayın iki segment halinde olduğu ve doğrultu atımın iki noktada maksimuma ulaşmasının da üst üste gelen iki depremle olabileceği üzerinde durulmuştur. Yazarlara göre, depremin aletsel kayıtlarıyla Gölcük, depremin merkez üssü olarak belirlenmiş ise de Adapazarı güneyindeki doğrultu atım Gölcük'te Donanma Komutanlığı bahçe duvarında ölçülenden büyüktür. Bu durum fayın Gölcük'ten sonra Değirmendere kıyısını keserek deniz içerisinde devam eden kesiminde ve Gölcük yakınlarında 4.00 m'den daha fazla bir atıma sahip olmuş olabileceğini göstermektedir. Ayrıca fayın doğudaki segmentinde olduğu gibi en büyük doğrultu atımın segmentin ortalarında yer aldığı dikkate alındığında, yüzey kırığının büyük bir olasılıkla deniz içerisinde Hersek Gölünden daha batıya devam etmiş olabileceği ortaya konmuştur. Bu durum özellikle

Yalova’da kıyıda yer alan D-B doğrultulu paralel kırık takımlarının varlığıyla desteklenmiştir.

Yazarlara göre, fay Horozlar köyünden itibaren hafifçe kuzeybatıya yöneldiğinden bu noktada Anadolu levhasının batıya hareketi bir çekme bileşeni ortaya çıkarmakta ve güney blok 25 cm alçalırken ana kırık üzerinde 1m yi geçen ayrılma ve bir zon halinde faylanma bu durumu belgelemiştir. Buna karşılık hemen batıda Arifiye’de fayın yeniden D-B konumunu aldığı noktada kuzey blok 50 cm yükselerek güneye yani Anadolu bloğuna 20 cm bindirmiştir. Bu şekilde bloklardaki yükselme ve alçalmaların çekme veya sıkıştırma bileşeni ile ilgili olduğu ortaya konmuştur.

Yazarlar yüzey kırığının üzerinde Aşağı Kirazca köyünde ölçülen 4.90 m’lik yanal ötelenme ve segment uzunluklarının depremin Gölcük merkezli olarak belirlenen aletsel büyüklüğünü onayladığını belirtmişlerdir. Fayın doğu bölümünde karada ölçülen yanal ötelenmenin batıda ölçülen ötelenmeden daha büyük olması ve doğu bölümdeki deplasmanın aletsel büyüklükle daha uyumlu olması fayın batı bölümünde Gölcük’ten daha batıda deniz içinde daha büyük bir atımın bulunabileceğini göstermektedir.

Komut ve İkedâ (1999) tarafından 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminden beş gün sonra 50 noktada el tipi GPS alıcısı ile koordinat tespiti yapılmış ve uygun olanlarından atım miktarı ölçülmüştür. İncelemelerde kırığın doğu ucunun Değirmentepe köyünden ve incelererek Gölyaka’nın merkezinden geçip Melen çayına vardığı anlaşılmıştır. Bu uçtan Akyazı’ya kadar olan bölüm Aksu fayı olarak isimlendirilmiştir. Akyazı’nın batısında ise yaklaşık D-B doğrultusundaki yüzey kırığını oluşturan Gölcük fayı adındaki ayrı bir fay parçası bulunmuştur. Bu parçanın yüzey kırığı boyunca ortalama atım 3 m, doğusundaki Aksu fay parçasında ise 1.4 m dolayında salt sağ yanaldır. 1999 Kocaeli kırığındaki atım, en yüksek değerlerini aldığı Sapanca gölünün doğusundan itibaren doğuya ve batıya doğru azalmaktadır.

Düzce ovasının güney sınırını takip eden, diri olduğu bilinen, Düzce fayının oluşturduğu jeomorfolojik ifadeler göz önüne alınarak 1999 Kocaeli depreminde oluşmuş olabileceği düşünülen yüzey kırığı depremden sonraki beşinci günde aranmış ve bu depremde Düzce fayının yenilmediği anlaşılmıştır. Bu depremle oluşan faylanma doğuda Düzce fayının batısında durmuştur. Bir sonraki deprem ile bu fayın harekete geçme olasılığının olduğu ve bu fayın paleosismolojisinin önemli

segmenti olarak adlandırılmıştır. Bu segment yaklaşık 8 km uzunluğa sahiptir ve en doğuda Dip mahallesi, Dariyeri, Hasanbey, Kaynaşlı ve Karaçalı mahallesinden geçerek Şimşir köyüne kadar devam etmektedir. Tüm uzanımı boyunca kabaca D-B doğrultulu uzanmaktadır. Bu segment üzerinde yüzey kırığı boyunca 25-380 cm arasında sağ yanal yer değiştirmeler gelişmiştir. Yüzey kırığı, doğuda Astaldi Şantiyesi civarında Bolu Tüneli viyadüklerini ciddi biçimde etkilemiştir. Viyadükler üzerinde 20 cm civarında sağ yanal ötelenmeler gelişirken, bunun yanı sıra ayakları üzerinde yer yer rotasyona uğradığı belirlenmiştir. Kaynaşlı segmenti üzerinde belirlenen en yüksek atım değerleri Kaynaşlı kuzeyi Sarıçökek yolu üzerinde 230 cm ve Karaçalı mahallesindeki evlerin beton bahçe duvarlarında 267 cm olarak tespit edilmiştir. Batıya doğru ikinci segment, Çınarlı segmenti olarak adlandırılmıştır. Düzce depremi episantrı bu segment üzerinde yer almakta olup 16 km'lik bir uzunluğa sahiptir. En doğuda Şimşir köyünden başlayarak, batıda Fındıklı, Eski Mengencik, Dağdibi, Ovapınar, Güven, Beyköy, Kaledibi, Kutlu, Çakırhacıbrahim, Çınarlı ve Gölormanı köylerinden geçmektedir. Bu segmentin iki ucunda yer alan Gölormanı ile Şimşir köyleri boyunca 50 ile 380 cm arasında değişen değerlerde atımlar ölçülmüştür.

2.2.2.2 Jeodezik Çalışmalar

Le Pichon ve diğ. (1999) çalışmalarında Marmara Denizi'nin bir çek-ayır (Pull-Apart) havza özellikleri göstermesinin yanı sıra hareketin çek-ayır tektoniğine yerleştirilemeyen doğrultu-atım türünde olduğunu savunmaktadır. Jeodezik verilerin yorumları, çukurların yer aldığı kuzey Marmara'nın kuzeyde Avrasya bloğuna ait Trakya bloğu ve güneyde saat yönünün tersinde dönen Güney Marmara bloğu arasında kaldığını doğrular niteliktedir. Yine bu araştırmacılar tarihsel depremlerin KAF'nın kuzey kolunun Marmara Denizi'nin derin çukurların bulunduğu kısmında sürekli olduğunu ve bu kırığın batıdaki Ganos Fayından doğudaki İzmit Fayına sağ yönlü olarak yaklaşık 20 mm/yıllık tek bir fay olarak kuzeydeki çöküntüleri boyuna kestiğini belirtmektedirler.

Büyüküksel ve diğ. (1999) tarafından Marmara bölgesi batı kesimindeki yer kabuğu hareketlerinin yersel yöntemler ve GPS ile izlenmesi amacıyla KAF batı kesiminde çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, 1990 ve 1994 yılları arasında

Akyazı'da (50 km² içinde 10 nokta), İznik'de (10 km² içinde 10 nokta) ve Sapanca'da (30 km² içinde 7 nokta) 3 mikrojeodezik ağ kurmuştur. Anılan ağlarda EDM (electronic distance measure) ile gözlemler yapılmış ve anlamlı bir yatay hareket saptanmamıştır.

Akçın ve diğ. (1999) tarafından “Bolu-Yeniçağa bölgesinde Zemin Hareketlerinin İzlenmesi” projesi kapsamında bu bölgede yapılan GPS ölçümleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada KAF'nın Batı Karadeniz Bölgesindeki Bolu-Yeniçağa geçişindeki tektonik hareketlerinin, GPS ile yıllık ve ileriki zaman dilimlerinde, gerekirse daha sık aralıklı periyotlarla da gerçekleştirilecek ölçümlere dayalı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik 1997-1998 ve 1998-1999 dönemlerindeki gözlemlere ilişkin istatistiksel bilgiler elde etmişlerdir. Bölgenin 1:100000 ve 1:25000 ölçekli temel topoğrafik haritaları ve uydu fotoğrafları üzerinden KAF ve diğer yan faylara ilişkin sınırlama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre Gözlem ağının yapısı ve gözlem pilyelerine ilişkin en uygun yerler araştırılmıştır. Ölçme yöntemi için ise statik ölçme yöntemi ve kapalı ağ modeli ön görülmüş 1996-1998 yılları arasında gerçekleştirilen bu projenin, GPS ile yıllık periyodik gözlem sonucu KAF'nın Bolu-Yeniçağa geçişinde 1 cm'nin üzerinde tektonik hareketler saptanmıştır. Ayrıca her gözlem döneminde gerçekleştirilen ölçümlerin, fayın yıllık 1 cm'lik hareketlerinin belirlenmesi için uygun olduğu belirlenmiş ve standart sapmalar 1 cm'nin altında elde edilmiştir. Elde edilen deformasyon vektörlerinden, KAF'nın bu bölgede 1997-1998 yılları arasında doğu-batı yönünde vektörel toplam olarak en büyük 3 cm civarında hareket ettiği saptanmıştır. 17 Ağustos 1999 Marmara depreminden sonra bölgede yapılan üçüncü dönem gözlemlerden ise 1998-1999 yılları arasında yine doğu- batı yönlü toplam 3.5 cm'lik hareket saptanmıştır.

Marmara Sürekli GPS Ağı'nın (MAGNET) Gölcük-Mudanya bölümünde gözlenen GPS ölçümleri ile zamana bağlı farklı kinematik deformasyon modelleri (doğrusal, karesel ve üstel) kullanılarak 17 Ağustos 1999 İzmit depreminin deprem anı (co-seismic) ve deprem sonrası (post-seismic) yer değiştirme vektörleri Doğan ve diğ. (2002) tarafından kestirilmiştir. Deformasyon modelleri arasındaki farkları göstermek için kestirilen deformasyon alanları karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, GPS istasyonlarının yerkabuğu hareket parametreleri (konum, hız ve

ivme) karesel kinematik deformasyon modeline Kalman filtreleme yöntemi uygulanarak belirlenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Yapılan çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Kuşağının Marmara bölgesinin batı kesiminde MAGNET projesi kapsamında ve Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından toplanan 9 noktaya ilişkin 6 periyot GPS ölçüsü yapılmıştır. Üstel ve karesel kinematik modeller uygulanarak belirlenen noktaların deprem anındaki yatay yer değiştirme vektörleri arasında yaklaşık 8 mm fark bulunmuştur. Bölgede deprem sonrası ortalama 4 cm büyüklüğünde deformasyonlar belirlenmiştir. Faya yakın olan noktalarda küçük yer değiştirmeler belirlenmiştir. Deprem anı ve deprem sonrası yer değiştirme vektörlerinin belirlenmesinde depremden önceki analizler için doğrusal kinematik model, depremden sonraki analizler için üstel model uygun bulunmuştur.

17 Ağustos İzmit ve 12 Kasım Düzce depremlerinin etkilediği alanları içeren bölgede deprem öncesi ve deprem sonrası yer değiştirmeleri incelemek amacıyla Aliosmanoğlu ve diğ. (2002) tarafından KAF alanının dallandığı 1200 km² büyüklüğündeki alanda 55 noktada statik GPS ölçme yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada fay çevresindeki noktalarda meydana gelen yer değiştirmelerin alt ve üst bölgesinin farklı yönde olduğu vurgulanmıştır. Fayın alt kısmı yön ve büyüklük olarak hemen hemen aynı yapıda hareket izlemesine rağmen fayın üst kısmında son derece düzensiz yer değiştirmeler gözlenmiştir. Bu düzensiz yer değiştirmenin sebebi olarak bölgenin jeolojik formasyonunun alüvyon olması gösterilmiştir.

İzmit depreminin neden olduğu maksimum konum değişimlerinin Gölcük, batı ve doğu Sapanca çevresinde olduğu görülmüştür. Deprem odağının batısında 5.7 m, doğusunda ise 4.7 m kayma değerleri elde edilmiştir (Reilinger ve diğ., 2000).

Ayhan ve diğ. (2002) tarafından yapılan çalışmada Marmara bölgesi ile KAF'ın batı kesiminde 1992 yılından başlayarak 17 Ağustos 1999 İzmit depremi öncesine kadar gerçekleştirilen 23 GPS oturumu Bernese 4.0 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş ve GLOBK yazılımı ile oturumlar birleştirilerek hız alanı hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada Sapanca ve Düzce bölgesinde KAF boyunca yıllık kayma 17-20 mm/yıl olarak verilmektedir. 12 Kasım 1999 Düzce depremi sonrasında ise Ayhan ve diğ. (2001) tarafından yürütülen çalışmada yanal atım 3.76 m olarak elde edilmiş, bölgede yapılan jeolojik incelemede ise yüzey kırığı boyunca yanal atım en büyük 5 m olarak tespit edilmiştir.

17 Ağustos 1999 izmit depremi sonrasında Reillinger ve diğ. (2000) deprem öncesi ve sonrasında aynı noktalarda yaptıkları GPS ölçülerinden yararlanarak bu noktalarda yatay ve düşey deprem anı yer değiştirmelerini hesaplamıştır. Yatay atım ölçülerinin elastik yarı-uzayda ters çözümü ile İzmit depremi fay düzlemi boyunca ortalama sağ yanal atım 2.86 m olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan modeldeki fay düzlemi girdi alınarak, elastik yarı-uzayda dislokasyon modellemesi yapılmıştır. Bu bölgede yer alan I ve II. derece yatay kontrol noktalarında İzmit ve Düzce depremlerinde oluşan toplam atımlar hesaplanmıştır. Yatay kontrol noktalarından yüzey kırığına en yakın olanı yaklaşık 10 km uzaklıkta bulunduğundan, bu noktalarda en çok 1.5-2 m mertebesinde yer değiştirme görülmüştür. Yüzey kırığının kuzeyinde doğu yönünde, güneyinde ise batı yönünde olan yer değiştirmeler I ve II. derece yatay kontrol noktalarının birbirine göre 3-4 m hareket ettiğini göstermektedir. İzmit depremi sonrasında yapılan GPS oturumlarının değerlendirilmesi sonucunda ise deprem sonrası yer değiştirmeler belirlenmiştir. Yer değiştirmeler yüzey kırığı yakınında 5 cm. mertebesinde olup uzaklaştıkça azalmakta, yüzey kırığının kuzeyinde doğu yönünde, güneyinde ise batı yönündedir. Bu yapı ile artçı depremlerin olduğu yaklaşık üç aylık dönemde fay düzlemi boyunca deprem sonrası deformasyonun sürdüğü söylenebilir. Deprem sonrası yer değiştirmeler nedeniyle yatay kontrol noktalarının bir birine göre en çok 10 cm hareket ettiği düşünülmektedir.

1999 ve 2000 yılında meydana gelen $M_w \geq 6$ büyüklüğündeki depremler 1997 ve 1998 yıllarında ölçüsü yapılan özellikle Batı ve Orta Anadolu kesimindeki TUTGA-99 noktalarında konum değişikliği yaratmış olup TUTGA-99'u güncellemek amacıyla deprem bölgesinde tekrarlı GPS ölçüsü yapılarak ağdaki değişimler hesaplanmıştır.

Buna göre bölgede -52.7 ile +28.8 cm arasında değişen toplam cm civarında düşey yer değiştirme meydana gelmiştir. İzmit ve Düzce Depremleri sonrasında, Kuzey Anadolu Fayının batı kesiminde; Gölcük bölgesinde +20 cm, bu bölgenin hemen doğusunda, İzmit körfezinin başladığı bölgede ve fayın kuzeyinde -20 cm büyüklüğünde düşey deformasyon gözlenmiştir. Adapazarı civarında -32 cm, Adapazarı ile Hendek arasında kalan bölgede fay hattı üzerinde -40 cm'ye varan deformasyon bulunmuştur. Fay hattı üzerindeki en belirgin düşey deformasyon, Düzce'nin güneybatısında Melen Gölü civarında ölçülmüş olup -52 cm'ye ulaşmaktadır. Genel anlamda, fay hattı boyunca fayın kuzeyinde çökme şeklinde ve

fay hattının yaklaşık 30 km kuzey ve güneyini içine alan koridorda düşey yönlü hareket olduğu, bu bölge dışına çıkıldığında ise, fay hattından uzaklaştıkça düşey hareketlerin azaldığı ve yükselme şeklinde olduğu gözlenmiştir (Anonim, 2002).

Çizelge 3.1: Türkiye Ulusal Nirengi Ağı bilgileri

Datum	ED50
Elipsoit	Uluslararası Hayford
Dengeleme	1954
Avrupa Ağıyla Ortak Nokta	8
I. Derece Poligon Sayısı	27
Astronomik Nokta	99
I. ve II. Derece Nokta	904 + 3320
I. ve II. Der. Nok. Sıklığı	185 km ² $\approx$ (13 km/nok.)
III. Derece Nokta	$\approx$ 55000
I., II. ve III. Der. N. Sık.	13 km ² $\approx$ (3-4 km/nok.)

Türkiye Ulusal Nirengi Ağı hiyerarşik bir ağ yapısına sahiptir. Üst dereceli ağ her zaman alt dereceli ağa koordinat vermektedir. Tasarımında Türkiye'nin tektonik yapısı göz ardı edildiğinden noktalarının fiziksel yapısı değişmiş olmasına karşın koordinatları değişmez alınmıştır. Tektonik yapı nedeniyle özellikle yılda ortalama 2 cm'lik doğal hareketlere maruz kalan fay bölgelerinde ağ büyük oranda bozulmaya uğramış ve birçok gereksinime yanıt veremez duruma gelmiştir. 1954 yılında dengelenen ağın günümüze kadar özellikle fay bölgelerinde uğradığı hasarı kabaca tahmin etmek zor değildir. Örneğin yıllık 2 cm büyüklüğünde bir konum değişimi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, 1954 yılından günümüze geçen 54 yıllık zaman diliminde 108 cm büyüklüğünde bir hareket olduğu sonucuna varılacaktır. Bu hasar birçok bölgede bu değerın üzerine çıkabilmekte, deprem oluşan alanlarda ise çok daha büyük değerlere ulaşabilmektedir (Ayan ve diğ., 2003).

3.2 Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı

Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA-99) 1970-1993 yıllarında ölçülen 151 adet I. derece ve 41 adet II. derece geçki ile 1970 yılından önce ölçülen 7 adet I. derece ve 44 adet II. derece geçki olmak üzere toplam 29316 km uzunluğunda, 243 geçki ve 25680 noktadan oluşan ağın dengelenmesiyle oluşturulmuştur. TUDKA-99 için düşey datum Antalya mareograf istasyonunda 1936-1971 yıllarında elde edilen anlık deniz seviyesi ölçülerinin ortalamasıyla belirlenmiştir. Dengelemede ölçü olarak jeopotansiyel sayılar alınmış ve tüm noktalarda jeopotansiyel sayı, Helmert ortometrik yükseklik ve Molodensky normal yüksekliği hesaplanmıştır.

Jeopotansiyel sayı hesabında düzenlenmiş Potsdam datumundaki gravite değerleri kullanılmıştır. Dengeleme sonucunda datuma bağlı nokta yüksekliklerinin duyarlılıkları 0.3 cm ile 9 cm arasında bulunmuştur. TUDKA-99 Helmert ortometrik yükseklikleri ile halen kullanımda olan Normal ortometrik yükseklikler arasındaki farkla Türkiye boyutunda -14 cm ile +36.9 cm arasında değişmekte, farkların ortalaması +9.5 cm ve standart sapması 8.4 cm olarak bulunmuş olup, herhangi bir noktada iki yükseklik sistemi arasındaki düzeltme değeri noktanın konumuna bağlı olarak hesaplanabilmektedir. 17 Ağustos İzmit ve 12 Kasım Düzce depremleri sonrasında oluşan düşey yer değiştirmeleri belirlemek amacıyla Mayıs-Eylül 2002 tarihlerinde, Bursa-İstanbul-İzmit-Adapazarı- Zonguldak-Bolu bölgelerini kapsayan alanda 1300 km uzunluğunda 14 Adet I ve II. derece geçki ölçüsü yeniden ölçülmüştür. Deprem öncesi ve deprem sonrası yüksekliklerin karşılaştırılmasında -52.7 ile +28.8 cm arasında değişen düşey yer değiştirmeler belirlenmiştir (Cingöz ve Demir, 2002).

3.3 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)

Türkiye Ulusal GPS Ağı (TUTGA) projesi, Harita Genel Komutanlığı ile ülkenin sayısal kadastro hizmetlerinin ivedilikle tamamlanmasını hedefleyen Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü arasında, söz konusu gereksinimler çerçevesinde Aralık 1996 tarihinde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı'nın kurulması konusunda işbirliğine dair bir protokol imzalanarak başlatılmıştır. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı noktaları Şekil 3.2'de gösterilmektedir. TUTGA'nın genel teknik özellikleri Tablo 3.2'de verildiği gibidir. TUTGA'ya tasarım yaklaşımı açısından bakıldığında önemli özelliklere sahip olduğu görülmelidir. Öncelikle TUTGA, zamana bağlı konum değişimlerine duyarlı olarak uzay bazlı konum belirleme sistemleri baz alınarak geliştirilmiş 4D jeodezik ağ özelliğine sahiptir. Bu da TUTGA'nın ülkenin tektonik yapısı ve kabuk hareketleri dolayısıyla ağda oluşacak 3D deformasyonlara duyarlı bir jeodezik ağ olduğunun göstergesidir.

Çizelge 3.2: TUTGA ağı bilgileri

Datum	ITRF96
Elipsoit	GRS80
Toplam nokta sayısı	594
Ülke Ağı ile çakışık	91
Jeodinamik çalışmalarla ortak	53
Nivelman yüksekliği olan	181
SLR nokta sayısı	5
Noktalar arası uzaklıklar	25 ile 70 km
Ortalama	1315 km ² /nokta

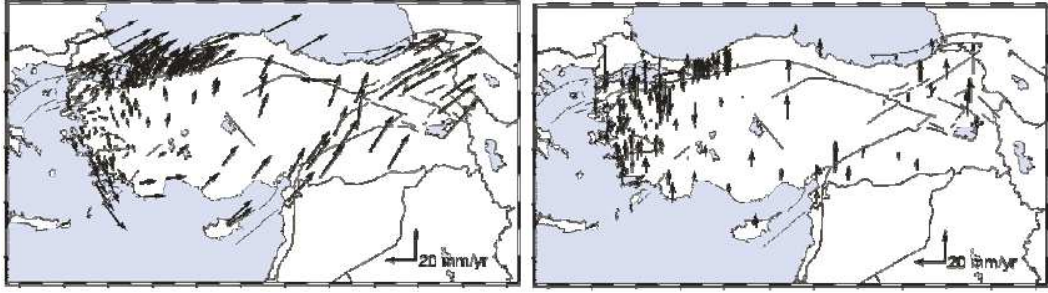


Şekil 3.2: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı, (Ayhan ve diğ., 2002).

TUTGA'nın ülke genelinde jeodinamik amaçlı yürütülen projeler kapsamında oluşturulmuş noktalarla olan ortaklığı 53 nokta ile sınırlıdır. Bu noktaların dağılımına bakıldığında ülkenin batısında ve kuzey-batısında yoğunlaştığı görülür (Şekil 3.4). TUTGA'nın ilk hız vektörleri bu noktalar yardımıyla belirlenmiştir ve belirlenen bu hız vektörleri kullanılarak hız modelleri oluşturulmuş ve diğer noktaların hızları bu modeller kullanılarak hesaplanmıştır.

Bununla beraber TUTGA'nın ikinci periyot gözlemleri 2003 yılında tamamlanmıştır. Bu da TUTGA'nın hız vektörlerinin tüm ağ genelinde daha sağlıklı ve gerçekçi modellenebilmesine olanak vermektedir. Bununla beraber Şekil 3.3'den de görüldüğü gibi hız vektörlerinin büyüklükleri bölgelere bağlı önemli farklılıklar göstermektedir. Bu noktaların sıklığı 25 ile 70 km aralıkta değişmektedir ve bu

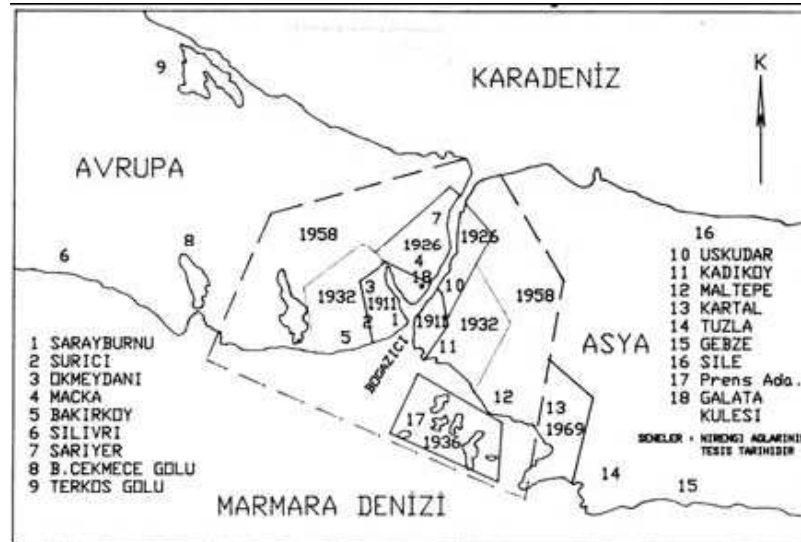
noktaların birçoğu tektonik hareketleri algılamaya yönelik amaçlar doğrultusunda zemin özelliği olan yerlere tesis edilmiştir (Çelik ve diğ., 2005).



Şekil 3.3: TUTGA'nın yatay (a), düşey (b) hız vektörleri, (Ayhan ve diğ., 2002).

3.4 İGNA (İstanbul GPS Nirengi Ağı)

İstanbul'da modern kadastro çalışmaları 1911'e dayanmaktadır. İlk modern çalışmalar tarihi yarımada'da başlamış daha sonra kentin gelişimine bağlı olarak günümüze kadar gelmiştir. Şekil 3.4, 1911-1969 yılları arasında İstanbul'da yürütülen Kadastro çalışmalarında altlık oluşturan yerel jeodezik referans sistemlerinin gelişimini göstermektedir. İstanbul'da en son 1999 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesinin yaptırdığı İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA) çalışmasıdır. Bu çalışma kadastral çalışmalara altlık oluşturabileceği gibi, kent yaşamını düzenlemek ve geliştirmek amacıyla oluşturulmuştur (Ayan ve diğ., 2003).



Şekil 3.4: 1911-1969 arası kadastral amaçlı İstanbul jeodezik referans ağları, (Ayan ve diğ., 2003).

Uydu bazlı konum belirleme sistemleri son yıllarda jeodezik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış, global ağların yanı sıra bölgesel ağlar ve ulusal ülke ağları uydu teknikleri kullanılarak oluşturulmaya başlanmıştır. Bu konuda ülkemizde

atılan en önemli adım 1997-2001 yılları arasında tesis, ölçü ve hesaplamaları tamamlanan ve ülkemizdeki uygulayıcılar tarafından kullanılmaya başlanan Türkiye Ulusal Temel GPS Nirengi Ağının (TUTGA) kurulması olmuştur. ITRF96 datumundaki TUTGA'nın tesis edilmekte olduğu tarihlerde gerçekleştirilen bir diğer jeodezik ağ çalışması ise İstanbul ilinin tamamını kapsayan ve o tarihlerde üzerindeki çalışmalar sona erdirilmemiş olan TUTGA'ya ait noktaların da kullanılmasıyla ITRF94 datumunda oluşturulan İstanbul GPS Nirengi Ağıdır.

Lokal GPS ağlarına bir örnek olan İGNA üst derecedeki bir ağ olan TUTGA'ya dayalı ve ITRF sisteminde tanımlı olan yersel bir ağıdır. İstanbul GPS nirengi ağının oluşturulması kapsamında 1999 ve 2005 yıllarına ait ölçmeler sırasıyla 2001 ve 2006 yıllarında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi Anabilim Dalı tarafından değerlendirilmiş ve aşağıda değerlendirme stratejileri ve sonuçların aynen aktarıldığı teknik rapor hazırlanmıştır (Ayan ve diğ., 1999), (Ayan ve diğ., 2006).

3.4.1 İGNA-1999

İGNA için amaç “İstanbul Metropolitan alanında; her türlü bilgi sistemine geometrik altlık oluşturacak, GPS tekniğiyle, standart Uluslararası Yersel Sistemin referans ağı ITRF’de o dönemin Ülke Koordinat Sistemi ED-50’de nokta sıklaştırmasını sağlayacak, GPS tekniğiyle Ülke Yükseklik Sisteminde yükseklik üretebilmek için gerekli olan geoidin belirlenmesine altlık oluşturacak, ITRF’de ve ED-50’de, doğru ve güvenli olarak koordinatları bilinen yeterli sıklıkta bir ağ olarak tanımlanmıştır.

3.4.1.1 İGNA-1999 Tasarımı

İGNA'nın Ana ağ ve sıklaştırma ağı noktaları olarak İstanbul'un ortofoto haritalarından yararlanılarak yaklaşık 650 nokta seçilmiştir.

Nokta seçimi ve zemin tesisi yapılırken birçok ayrıntıya dikkat edilmiştir. Noktalar tahrip olmayacak, mümkün olduğu kadar uzun süre korunabilecek yerlerde, yerleşim bölgelerinde ortalama 3 km. ve yerleşim dışındaki bölgede ortalama 5 km. aralıklarla seçilmişlerdir. Bu noktalar 1:200 000 ölçekli İstanbul haritasına işlenerek bir kanava hazırlanmıştır.

Ana Ağ noktaları pilye yada yarım pilye olarak tesis edilmiştir. Gayri meskûn alanlardan nokta zemin işaretleri o dönem yürürlükte olan Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliğine uygun olarak tesis edilmiştir. Kanavadaki Ana Ağ

noktalarının dışındaki tüm noktalar “Sıklaştırma Ağı” noktaları olarak alınmış ve tesis edilmiştir.

3.4.1.2 GPS Ölçmelerinin Planlanması ve Ölçmeler

Ana ağ ölçmelerinin 5 adet Zeiss GPS alıcısı ile yapılması kararlaştırılmıştır. Her bir oturumda hangi alıcının hangi noktada bulunacağı ve bu oturumda çözülecek bazları gösteren en çok beş bazdan oluşan kapalı şekilleri ve oturumlar arasında en az bir baz veya iki nokta olacak biçimde seçilen ortak noktaları gösterir bir “oturma planlaması” kabul edilmiştir. Ölçmeler bu plana uygun olarak ve statik ölçme yönteminde, minimum 60 dakika ölçme süresi, 15 saniye kayıt aralığı, 15⁰ minimum uydu yüksekliği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Sıklaştırma ölçmelerinde de Zeiss aletlerinin kullanılması planlanmıştır. Sıklaştırma noktalarının, en az iki ana ağ noktasından, farklı zamanlarda gerçekleştirilen ölçmelerle elde edilecek 15 kilometreden kısa bazlarla belirlenmesi kararlaştırılmıştır. Bu esaslar çerçevesinde ölçmeler planlanmıştır. Ölçmeler, statik yöntemle en az 20 dakikalık kayıt süresi, 10 saniye kayıt aralığı, 15⁰ minimum uydu yüksekliği ile gerçekleştirilmiştir.

Farklı zamanlarda gerçekleştirilen ölçmelerin, İstanbul’daki ulaşım problemi nedeniyle çok zaman aldığı, günlük ölçülebilen nokta sayısı dikkate alındığında çalışmaların istenilen zamanda tamamlanamayacağı sonucu ortaya çıkınca kalan noktalarda, ard arda oturumlarla iki farklı noktadan çıkış alan tek oturumlu ölçmelerin yapılması kararlaştırılmış ve buna göre ölçmelere devam edilmiştir.

3.4.1.3 İGNA-1999 Kapsamında GPS Ölçmelerinin Değerlendirilmesi

İstanbul GPS Ağı (İGNA) ölçüleri EMİ Harita Bilgi İşlem Şirketi tarafından gerçekleştirilmiştir. Ölçüler hem yüklenici firma tarafından GEPOS yazılımı ile hem de İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi Anabilim Dalı elemanları tarafından SKI 2-3 yazılımı ile değerlendirilmiştir.

3.4.1.4 Ana Ağın Değerlendirilmesi

Değerlendirme çalışmalarına 58 noktadan oluşan Ana Ağdan başlanmıştır. Ana Ağın 58 noktasından 5’i Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktası, 8’i Türkiye

Ulusal Nirengi Ağı'nın I. ve II. Derece noktası ve 7'si İstanbul Metropolitan Nirengi Ağı noktasıdır.

Değerlendirme işlemlerine başlamadan önce ölçme-kayıt protokolleri incelenerek olası kaba hatalar araştırılmış ve özellikle yükseklik bilgilerinin doğruluğu kontrol edilmiştir. Oturum planında bağımsız baz olarak ölçüleceği planlanan bazlar tek tek çözülmüş ve:

- i. iki frekansta da ortak kayıt uzunluğu, faz sıçraması miktarı, FARA istatistiği ile belirsizlik çözümleri test edilerek “çözümün güvenilirliği”,
- ii. baz bileşenlerinin karesel ortalama hataları ile “bazın doğruluğu” araştırılmıştır.

Ana ağın GPS ölçüleri ile hesabı için önce serbest dengeleme öngörülmüştür. Bununla, ölçüler ve onlardan türetilen nokta koordinatları, kenarlar vb. fonksiyonların değer yargılarının doğru olarak üretilebilmesi için olası olumsuz datum zorlamalarının etkisinden arındırılması amaçlanmıştır.

Ana ağın 34303 nolu noktasının ITRF94 koordinatları sabit tutularak, 139 bağımsız bazdan elde edilen 417 baz vektörü bileşeni dengelenmiş ve 171 koordinat bileşeni hesaplanmıştır.

TUTGA ile İGNA arasındaki ölçek uyuşumunun araştırılması için, iki ağın ortak olan 5 noktası ile Molodenski-Badekas modeli ile üç boyutlu transformasyon parametreleri belirlenmiştir. Transformasyon sonuçları incelendiğinde, kaymaların ve dönüklüklerin ve çakışma artıklarının çok küçük değerler olduğu ve anlamlı olmadıkları, buna karşılık +1.4 ppm'lik ölçek farklılığının anlamlı olduğu görülmektedir. Bu ölçek farklılığının, farklı efemerislerin ve atmosferik modellerin kullanılmasından ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Bu transformasyon sonuçları, Ana ağın dengelenmesinde aşağıda sıralanan iki ayrı stratejiye olanak vermektedir.

- i. ana ağın içerdiği 5 TUTGA noktası koordinatları değişmez alınarak ağın dengelemesi,
- ii. yukarıdaki transformasyon parametreleri ile serbest dengeleme sonuçları TUTGA üzerine transforme etmek.

İki strateji de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Koordinat farklarının cm düzeyinde olduğu, sadece 6 noktada 4 cm'yi aştığı görülmüş ve beş TUTGA noktasına dayalı dengeleme ile Ana Ağın ITRF 94 koordinatları belirlenmiştir. Bu dengelemeden ana ağ noktalarının koordinatlarının karesel ortalama hatalarının, yatayda ± 1 cm nin altında (max 1.3 cm), düşeyde ise $\pm 1-2$ cm (max. 2.8 cm) olarak bulunmuştur.

3.4.1.5 Sıklaştırma Ağının Değerlendirilmesi

Sıklaştırma ağı noktalarının ITRF94 koordinatlarının, Ana ağ noktalarına bağlı olarak hesaplanması planlanmıştır. Bunun için öncelikle arazi-kayıt protokolleri incelenerek kayıtlardaki kaba hatalar ayıklanmıştır.

Sıklaştırma noktalarının koordinatları iki ayrı ana ağ noktasından iki bağımsız baz ile hesaplandığından sonuçların kontrol, farklı ana ağ noktası ve bazlardan hesaplanan koordinatlar arasındaki farkların Teknik Şartnamede verilen doğruluk kriterine göre irdelenmesiyle yapılmıştır. Çözumsuz veya doğruluk kriterini sağlamayan bazlar tekrarlanmış ve yeniden değerlendirilerek sıklaştırma ağı noktalarının ITRF94 koordinatları hesaplanmıştır. Sıklaştırma ağı noktalarının koordinatları ana ağ noktalarıyla birlikte ülke koordinat sistemine dönüştürülmüştür

3.4.1.6 ITRF94 ile ED50 Arasındaki Dönüşüm

ITRF94 ile ED50 arasındaki dönüşüm ile ana ağ ve sıklaştırma ağı noktalarının ülke koordinat sisteminde koordinatlarının belirlenmesi tanımlanmaktadır. Klasik yöntemlerle ölçülen ve değerlendirilen Ülke Jeodezik Ağlarında ortaya çıkan distorsiyonlar nedeniyle, distorsiyonsuz GPS ağları ile bu nitelikteki ağlar arasındaki dönüşümler kolayca gerçekleştirilemez. Böyle bir dönüşümde, matematiksel dönüşüm bağlantılarının yerine, enterpolasyon sonlu elemanlar vb. yöntemlerinden yararlanılarak, Ülke Ağlarının mevcut durumuna mümkün olduğunca uyan ve pratik bağıntılar araştırılmaktadır. Dönüşümün doğruluğu, alanın büyüklüğüne, Ülke Ağı noktalarının doğruluğuna, ortak noktaların yoğunluğuna, ortak noktaların dağılımına geliştirilen modele bağlıdır. Bu nedenlerle, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde ITRF94 ile ED50 arasındaki doğru, güvenilir ve kullanımı kolay bir modelin belirlenmesi için yollar araştırılmıştır. Yaklaşık 10000 km² büyüklüğündeki alanda 31 ortak nokta ile (yaklaşık 325 km²'ye 1 ortak nokta) gerçekleştirilen ED50-ITRF94 dönüşümünün doğruluğu ± 10 cm civarında bulunmuştur. Bu doğruluk ortak

noktaların doğruluklarının iyi olmaması nedeniyle daha fazla iyileştirilememiştir. Bu doğruluk dönüşümü dış presizyondur. Bu nedenle rölatif dönüşüm doğruluğunun (iç presizyon = komşuluk doğruluğu) daha iyidir (Ayan ve diğ., 1999).

3.4.2 İGNA-2005

Teknik Raporu 1999 yılında yayınlanan İGNA çalışması sonrasında 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde Gölçük ve Düzce depremleri gerçekleşmiş, depremler sonucunda meydana gelen konum değişimleri nedeniyle İGNA ölçü ve değerlendirmelerinin yenilenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Aradan geçen zaman diliminde gerçekleşen bir diğer önemli gelişme ise Bakanlar Kurulunun 23 Haziran 2005 tarih ve 2005/9070 sayılı kararıyla 15 Temmuz 2005 tarih ve 25876 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği olmuştur. Bu yönetmelik kapsamında GPS ölçüleri ve değerlendirmelerine ilişkin standartlar tanımlanmış ve böylece yapılan uygulamalar yasal bir altlığa kavuşturulmuştur.

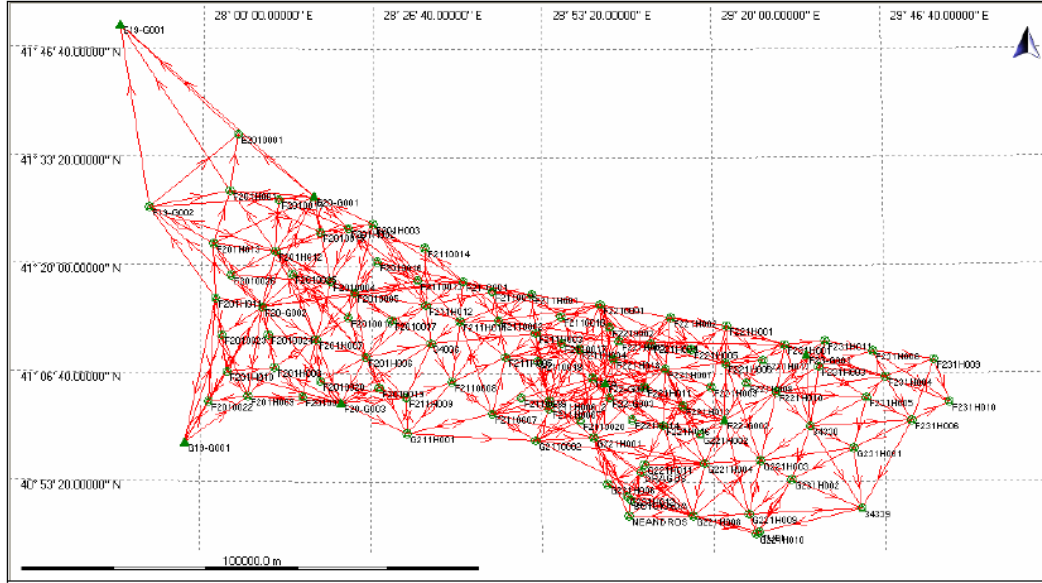
2005 ve 2006 yıllarında gerçekleştirilen ağı eklenen yeni noktaları da içeren İGNA’nın anılan yönetmelik hükümlerine uygun olarak gerçekleştirilen ölçü ve değerlendirmelerinin sonuçları İGNA 2005 Teknik Raporunda sunulmuştur (Ayan ve diğ., 2006).

3.4.2.1 GPS Ölçmelerinin Planlanması

Yaklaşık 650 adet eski noktayı ve 1150 adet yeni tesis edilmiş noktayı içeren İGNA’nın 2005-2006 dönemi ölçüleri iki ayrı dönemde gerçekleştirilmiştir. İlk ölçüm kapsamında 11 adet TUTGA ve 49 adet C1 derece nokta olmak üzere toplam 60 adet noktadan oluşan ana ağ ölçüleri 21-29 Mart 2005 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu noktaların TUTGA noktalarına dayalı olarak değerlendirme ve dengelenmesine ilişkin sonuçlar elde edilmiştir, elde edilen koordinat değerleri gereksinim duyulan 1/5000 ölçekli fotogrametrik halihazır haritaların üretiminde altlık olarak kullanılmıştır.

İkinci ölçüm kampanyasında ise 3 Haziran-8 Eylül 2005 tarihleri arasında yaklaşık üç aylık zaman diliminde ilk kampanyada ölçülen ana ağ noktalarının yanı sıra 47 adet ana ağ noktasında ve 1781 adet C2 derece noktada ölçüm gerçekleştirilmiştir. Uluslararası GNSS Servisi (International Global Navigation Satellite Systems

Service-IGS) ağına bağlı olan ve çalışma alanı içerisinde yer alan A derece sabit GPS istasyonlar ISTA ve TUBI noktalarının yanı sıra, TÜBİTAK tarafından kurulan Marmara GPS Gözlem Ağı (MAGNET) noktası BADT (Büyükada) ve yine TÜBİTAK tarafından tesis edilmiş sabit GPS istasyonları DRAGOS ve NEANDROS da oluşturulan ana ağ içerisinde yer almaktadır. Şekil 3.5'te A, B ve C1 dereceli toplam 107 adet noktadan oluşan Ana GPS Ağı kanavasısı sunulmaktadır.



Şekil 3.5: İGNA Ana GPS Ağı 2005 (Ayan ve diğ., 2006).

BÖHNBÜY'nin 14'üncü maddesi a bendinde tanımlandığı gibi, çift frekanslı, aynı anda en az altı uydudan kayıt yapabilen Leica System 300, 500 ve 1200 jeodezik GPS alıcılarının kullanıldığı ana GPS Ağındaki ölçmeler, statik ölçme tekniği ile BÖHNBÜY'nin 14'üncü maddesi c bendinde belirtilen aşağıdaki prosedüre uygun olarak; uydu sayısı en az dört adet, kayıt süresi en az iki saat, kayıt aralığı 15 saniye veya daha az, uydu yüksekliği en az 15° olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3 Haziran-8 Eylül 2005 tarihleri arasında 1781 C2 derece noktada gerçekleştirilen ölçmeler ise, A, B ve C1 dereceli ana ağ noktalarından çıkış alınarak BÖHNBÜY'nin 19'uncu maddesinde yer aldığı gibi uydu sayısı en az dört adet kayıt süresi 45-60 dakika, kayıt aralığı 15 saniye veya daha az, uydu yüksekliği en az 15° alınarak gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda vurgulanan ve ölçüleri iki ayrı zaman diliminde gerçekleştirilen noktaların yanı sıra 19 Şubat-4 Ağustos 2006 tarihleri arasında değişik zamanlarda gerçekleştirilen ölçmelerle ilave 72 adet C2 derece nokta da ağı dahil edilmiştir. C2

derece noktalar için ölçme süreleri, anılan maddede pilye tesisli noktalar için en az 45 dakika olarak tanımlanmış, pilye tesisi bulunmayan noktalar içinse anten yükseklikleri en az 10 cm farklı 30'ar dakikalık iki ayrı oturum yapılması öngörülmüştür. Pilye tesisli C2 derece noktalarda bu prosedür uygulanmış, pilye tesisi bulunmayan C2 derece noktalarda ise 60'ar dakikalık tek oturumlarla ölçmeler yapılmıştır. Bu şekilde planlanan ölçme oturumu ile C1 referans noktalarından hesaplanan C2 sıklaştırma noktalarındaki yükseklik bileşeninin kontrolü baz çözümü sırasında imkansız kılınmıştır.

3.4.2.2 Ölçmelerin Değerlendirilmesi

Değerlendirmelerin tümünde İstanbul Büyükşehir Belediyesince Harita Genel Komutanlığından sağlanan TUTGA noktalarının ITRF96 datumundaki koordinat değerleri kullanılmıştır. Kullanılan koordinatlar ve hız vektörleri 2005.000 referans yada başlangıç epoğuna getirilmiş değerlerdir. Ağın hesap tarihinde (Ekim 2006) TUTGA'nın IGS'ye dayalı ITRF2005 datumunda çözümleri yoktur. Nokta koordinatları, BÖHHBÜY'nin 15'inci maddesi a bendinde gösterildiği gibi, verilen hız vektörü büyüklüklerinden yararlanılarak ölçü epoğuna kaydırılmışlardır.

Ölçü epoğu olarak, İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA-2005) başlıklı raporda da ölçü epoğu olarak alınan 26 Mart 2005 ya da 2005.233 epoğu alınmıştır. Yapılan işlemlerde dayanak noktası olarak kullanılan 11 adet TUTGA noktasından 7'sinin Deprem Sonrası GPS Koordinatları ve Hızları başlıklı çizelgelerde verilen deprem sonrası koordinatları ve hız vektörü büyüklükleri olmasına karşın kalan 4 noktanın sadece GPS Değer Cetveli başlıklı çizelgelerde yer alan değerleri bulunmaktadır.

Proje kapsamında yapılan GPS gözlemleri Leica Geo Office 1.0 yazılımı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme kapsamında yapılan baz çözümlerinde BÖHHBÜY'nin 15'inci maddesinin b bendinde belirtilen $\sigma\Delta X, \sigma\Delta Y, \sigma\Delta Z \leq \pm (10\text{mm} + 1\text{ppm})$ koşulu sağlanmıştır.

3.4.2.3 Ana Ağ

Ana ağ ölçülerinin değerlendirilmesinde BÖHHBÜY'de tanımlanan değerlendirme adımları izlenmiştir. İlk adım olarak TUTGA noktalarının uyumlu olup olmadıklarının belirlenmesi amacıyla, BÖHHBÜY'nin 15'inci maddesi b bendine uygun olarak, ana ağ E19-G001 noktasının koordinatları sabit alınarak tek noktaya

dayalı olarak zorlamasız dengelenmiş ve dengeleme sonucu elde edilen 11 adet TUTGA noktasına ait koordinatlar ile ölçü epoğu için hesaplanan koordinatlar arasında üç boyutlu Helmert dönüşümü gerçekleştirilerek sonuçlar irdelenmiştir. Dönüşüm sonucunda ölçek faktörü için BÖHHBÜY'nin 15'inci maddesinin c bendinde belirtilen $1-\lambda \leq \pm 3\text{ppm}$ koşulu sağlanmasına karşın, yapılan değerlendirmelerde, deprem sonrası koordinat ve hız değerleri verilmeyen F19-G002, F20-G002, F21-G001 ve F22-G003 noktaların hesaplanan ölçü epoğu koordinatlarının diğerlerine göre uyuşumsuz olduğu anlaşılmış ve bu noktalar dayanak noktaları arasından çıkarılarak dengeleme işlemleri diğer 7 noktaya dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Kalan 7 adet TUTGA noktasının başlangıç epoğundan ölçü epoğuna taşınan koordinat değerlerine dayalı olarak A, B ve C1 derece noktalardan oluşan ana ağ dengelenmiştir. Dengeleme hesapları sonucunda ana ağ için BÖHHBÜY'nin 15'inci maddesinin d bendinde, yatay konum bileşenleri için $\sigma_\phi, \sigma_\lambda \leq \pm 3\text{cm}$ ve yükseklik bileşeni için $\sigma_h \leq \pm 5\text{cm}$ olarak verilen dengeleme sonrası karesel ortalama hata şartları sağlanmıştır. Buna göre, ana ağda enlem doğrulukları $\pm 0.17\text{-}0.72\text{cm}$, boylam doğrulukları $\pm 0.14\text{-}0.54\text{cm}$ ve elipsoidal yükseklik doğrulukları $\pm 0.38\text{-}1.45\text{cm}$ arasında değişmektedir. Ana ağ noktalarının hız vektörü büyüklükleri, BÖHHBÜY'nin 21'inci maddesine uygun şekilde, dayanak noktası olarak kullanılan 7 adet TUTGA noktasının hız vektörleri kullanılarak "Ağırlıklı Ortalama Enterpolasyon Yöntemi" ile hesaplanmıştır. Böylece ölçü epoğu koordinat değerleri, başlangıç epoğu olan 2005.000 epoğuna taşınmışlardır.

3.4.2.4 Sıklaştırma Ağı

C2 derece noktalardan oluşan sıklaştırma ağı, dengeleme sonucunda elde edilen ana ağ nokta koordinatlarına dayalı olarak dengelenmiştir. Bu çerçevede, C2 dereceli noktaların çözümüne yönelik olarak ilk grup olan 1781 adet C2 derece sıklaştırma noktasının baz çözümleri iki ayrı proje olarak Avrupa ve Anadolu yakaları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Ölçü epoğu 2005.555'dir. Avrupa ve Anadolu yakası değerlendirmelerinden elde edilen GPS baz çözümleri, anılan 2005.555 epoğunda, 107 adet ana ağ noktası sabit kabul edilerek tek bir proje halinde dengelenmiştir. 2005.555 epoğunda elde edilen C2 derece sıklaştırma noktalarının vektörleri yine 107 adet ana ağ noktasının hız vektörleri kullanılarak, ana ağda olduğu gibi "Ağırlıklı Ortalama Enterpolasyon Yöntemi" ile enterpole edilmiştir. Böylece elde edilen hız vektörleri yardımıyla 2005.555 epoğundaki C2 derece sıklaştırma

noktalarının koordinatları, BÖHHBÜY'nin 21'inci maddesine uygun olarak başlangıç epoğu olan 2005.000 epoğuna taşınmıştır.

19 Şubat-4 Ağustos 2006 tarihleri arasında gerçekleştirilen C2 derece noktalardaki ek ölçmeler ise 2006.290 epoğuna taşınan ana ağ noktaları yardımıyla çözümlenmiş ve dengelenmiştir. Bu ek noktaların hız vektörleri de 2006.290 epoğundaki ana ağ noktalarının hız vektörleri yardımıyla yukarıda bahsedilen enterpolasyon yöntemi kullanılarak enterpole edilmiştir. Elde edilen bu hız vektörleri kullanılarak 72 adet C2 derece ek noktanın koordinatları 2005.000 epoğuna taşınmıştır.

Dengeleme hesapları sonucunda BÖHHBÜY'nin 20'inci maddesi b bendinde yatay konum bileşenleri için σ_ϕ , $\sigma_\lambda \leq \pm 3\text{cm}$ ve yükseklik bileşeni için $\sigma_h \leq \pm 5\text{cm}$ olarak verilen dengeleme sonrası karesel ortalama hata şartları sağlanmıştır. Buna göre, enlem doğrulukları $\pm 0.24\text{-}3.00\text{cm}$, boylam doğrulukları $\pm 0.18\text{-}1.55\text{cm}$ ve elipsoidal yükseklik doğrulukları $\pm 0.53\text{-}5.00\text{cm}$ arasında değişmektedir (Ayan ve diğ., 2006).

4. 1999-2005 İGNA SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Ölçmeleri 1997-1999 yılları arasında gerçekleştirilen İstanbul GPS Nirengi Ağı, toplam 650 adet ana ağ ve sıklaştırma ağı noktalarından oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Ağın değerlendirme aşamasında ilk olarak 58 noktadan oluşan Ana Ağ ele alınmıştır. Ana Ağın 58 noktasından 5'i Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktası, 8'i Türkiye Ulusal Nirengi Ağının I. ve II. Derece noktası ve 7'si ise İstanbul Metropolitan Nirengi Ağı noktasıdır.

Teknik Raporu 1999 yılında yayınlanan İGNA çalışması sonrasında 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde Gölcük ve Düzce depremleri gerçekleşmiş, depremler sonucunda meydana gelen konum değişimleri nedeniyle İGNA'nın ölçü ve değerlendirmelerinin yenilenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır.

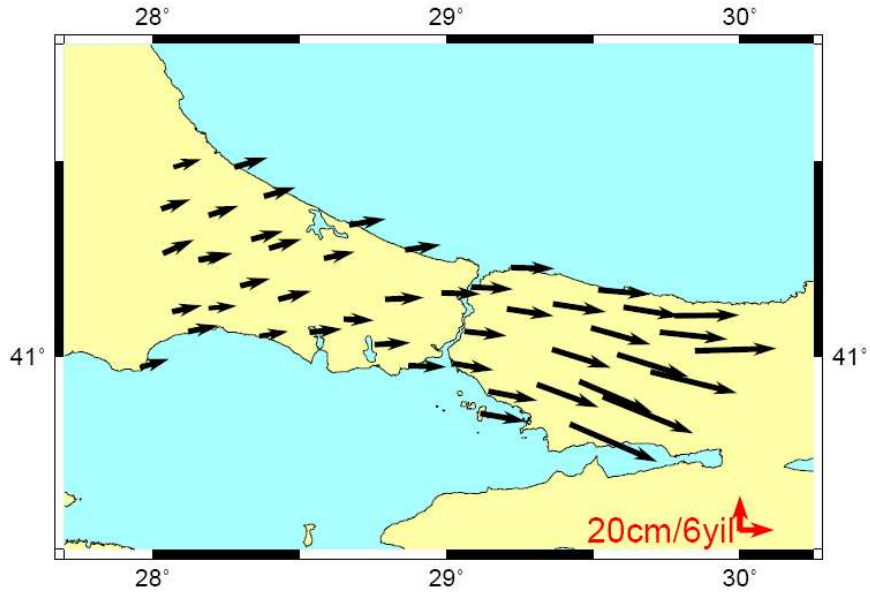
İstanbul ili genelinde tüm kullanıcıların yararlanabileceği bir jeodezik altlık olarak tasarlanan İstanbul GPS Nirengi Ağının 2005-2006 döneminde gerçekleştirilen yenileme ölçüleri sonucunda ağdaki nokta sayısı yaklaşık olarak üç katına çıkmıştır. 1999 yılında ITRF94 datumuna göre oluşturulan İGNA; bu kez BÖHHBÜY ile birlikte ulusal datum olarak tanımlanan ITRF96 datumunda TUTGA noktalarına bağlı olarak oluşturulmuş, çalışma alanında bulunan A derece IGS noktaları ile TÜBİTAK tarafından tesis edilen sabit GPS istasyonları da İGNA'ya dahil edilmişlerdir.

Bu bölümde İGNA 1999 ve İGNA 2005'de kullanılan ortak noktalardan yararlanılarak Ana Ağ ve Sıklaştırma Ağı noktalarında meydana gelen yatay ve düşey konum değişimleri belirlenmiş, The Generic Mapping Tools (GMT) yazılımı ile bu değişimler görselleştirilmiştir.

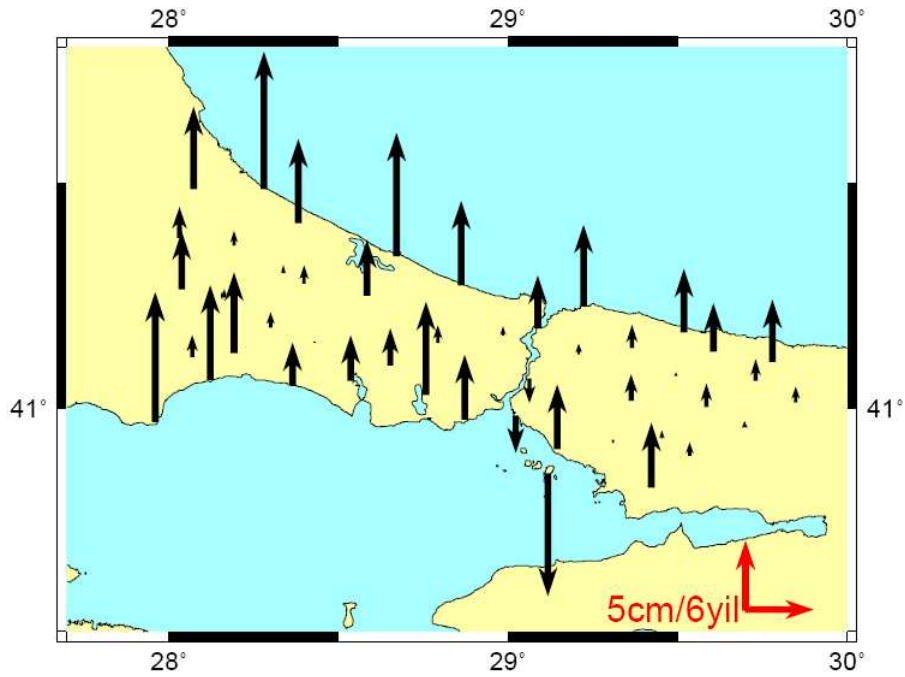
Değerlendirme işleminde her iki ölçme döneminde de kullanılan toplam 498 ortak noktadan, 5'i Ana ağ noktası olmak üzere 46 nokta uyumsuz olduğu düşünülen farklardan dolayı değerlendirme dışında tutulmuştur. Böylece bu noktaların çıkarılmasıyla kalan 452 ortak nokta kullanılmıştır.

GMT programında, ED50 datumundaki sağa, yukarı projeksiyon koordinat farkları ve elipsoidal yükseklik farkları girdi olarak kullanılmıştır. Kullanılan ortak noktalar arasındaki 6 yıllık yer değiştirme büyüklükleri Çizelge A1’de (Ekler) sunulmaktadır.

47 Ana Ağ noktası arasında en büyük yatay konum değişimi 74.26 cm, en küçük yatay konum değişimi ise 19.53 cm olmuştur (Şekil 4.1). En büyük düşey konum değişimi 11.29 cm, en düşük düşey konum değişimi ise 0.03 cm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.2).

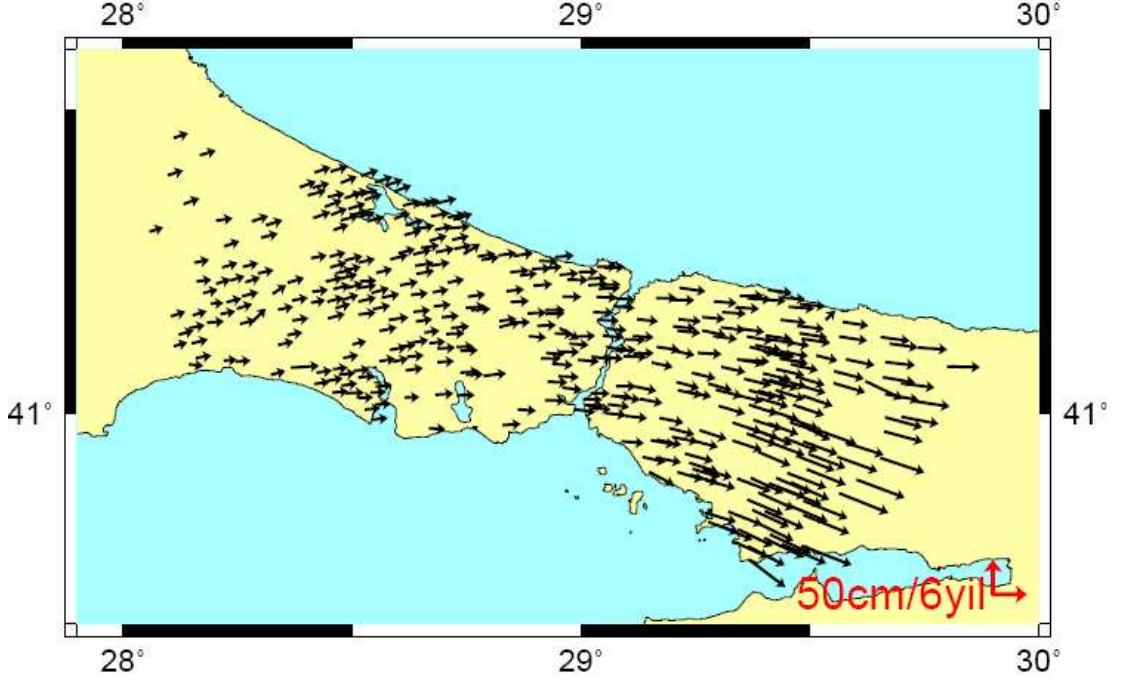


Şekil 4.1: Ana ağ noktaları yatay konum değişimleri

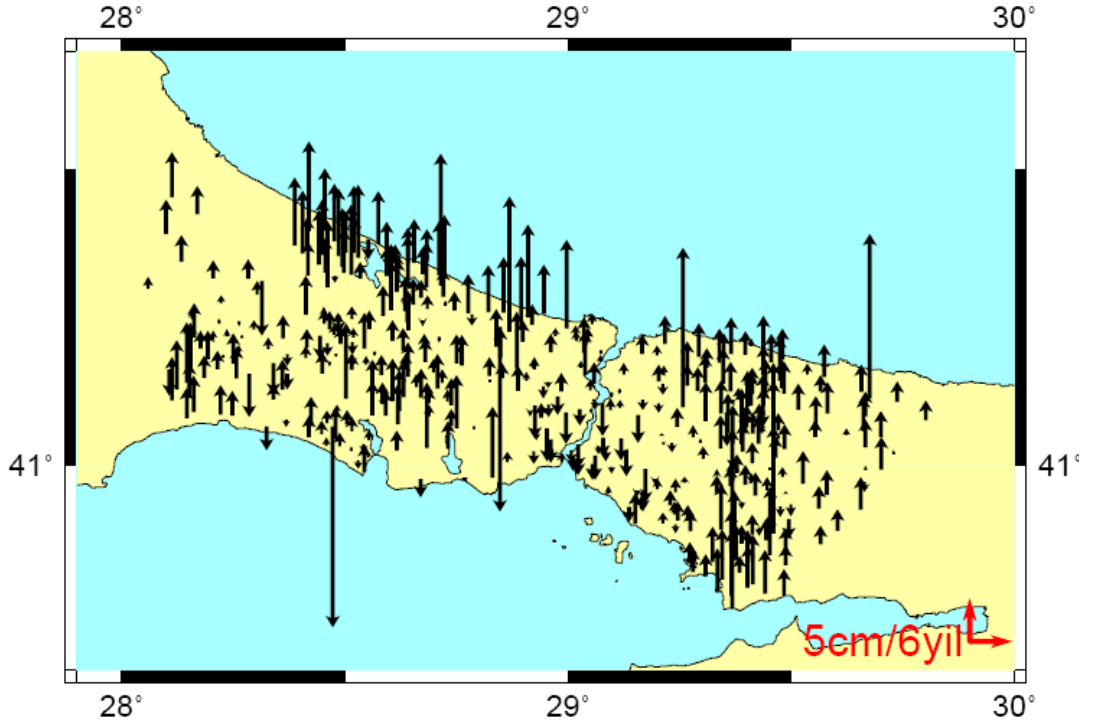


Şekil 4.2: Ana ağ noktaları düşey konum değişimleri

405 Sıklaştırma ağı noktası kullanılarak elde edilen yatay konum değişimleri göz önüne alındığında ise en yüksek yatay konum değişiminin 89.61 cm, en küçük yatay konum değişiminin ise 18.43 cm olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3). Sıklaştırma ağı noktalarında en yüksek düşey konum değişimi -31.27 cm, en düşük düşey konum değişimi ise 0.05 cm olarak gözlenmiştir (Şekil 4.4).

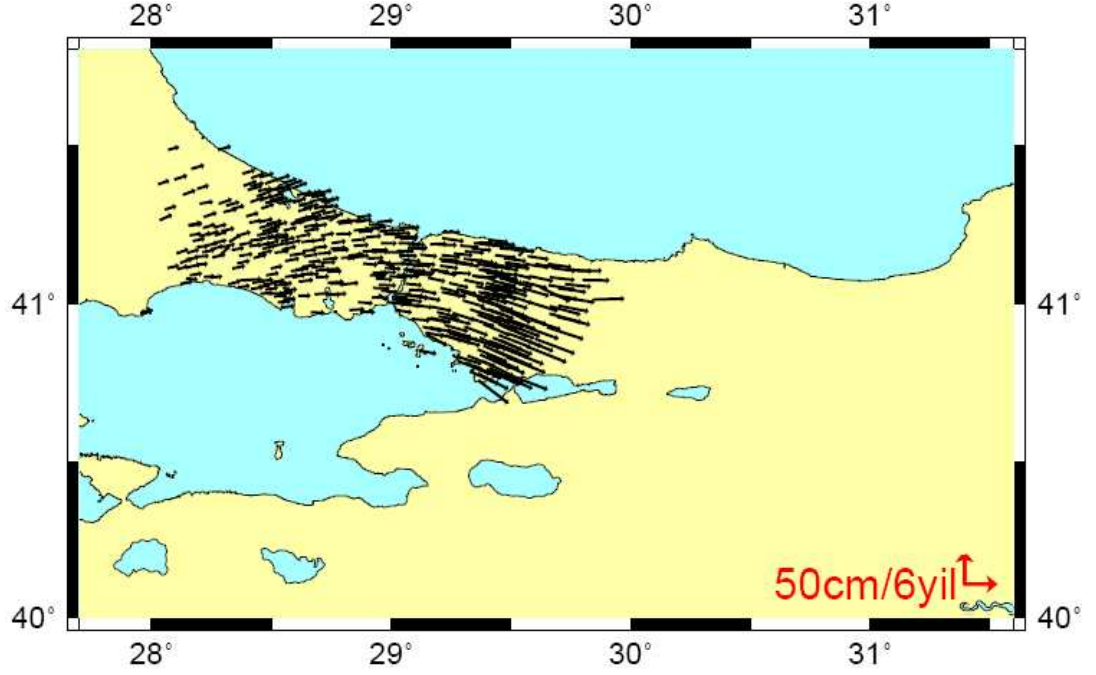


Şekil 4.3: Sıklaştırma ağı noktaları yatay konum değişimleri



Şekil 4.4: Sıklaştırma ağı noktaları düşey konum değişimleri

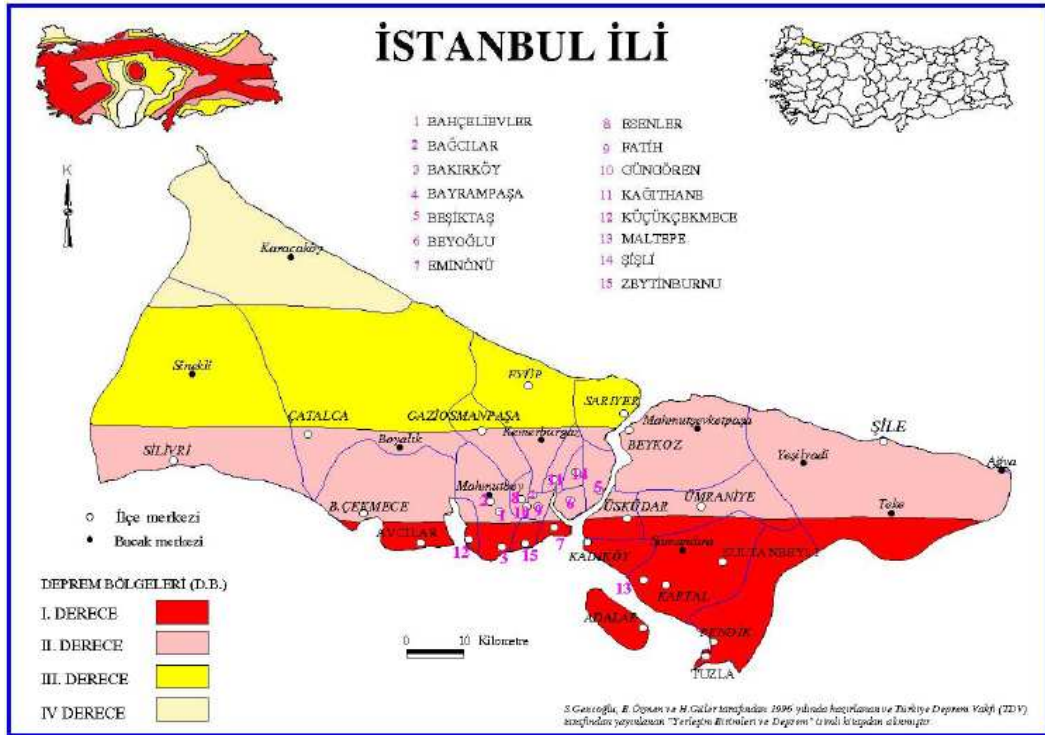
Noktaların tümü göz önünde bulundurulduğunda blok halinde bir yer değiştirmeden söz edilebilir. Doğu Marmara Depremlerinin merkez üslerine yaklaştıkça yatay konum değişimlerinin de arttığı gözlenmektedir (Şekil 4.5). Düşey yer değiştirmelerin ise kuzey kıyı kesimlerde arttığı ve bazı noktalarda bölgesel değişimlerden farklı olarak daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.5: İGNA noktaları yatay konum değişimleri ve KAF

5. İSTANBUL ZEMİN YAPISI VE NOKTA HAREKETLERİ İLE İLİŞKİSİ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayımlanan Deprem Bölgeleri Haritasına göre İstanbul kentinin % 17'si I. Derece, % 41'i II. Derece, % 31'i III. Derece ve % 11'i IV. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Bu rakamlara göre İstanbul ilinin % 58'i I. ve II. Derece, % 42'si ise III. ve IV. Derece deprem tehlikesi altındadır (Şekil 5.1). Tarihsel ve aletsel dönemde İstanbul'u etkileyen birçok deprem bu gerçeği gözler önüne sermektedir (Özmen, 2002).



Şekil 5.1: İstanbul ili deprem bölgeleri haritası, (Özmen, 2002).

İstanbul'da depremde yüksek risk arz eden bölgeler iki kapsamda incelenebilir. Doğrudan doğruya yüksek riskli bölgeler sivilaşma ve heyelan potansiyeline haiz yapılaşmış bölgeler ve gerek deprem yer hareketinin büyüklüğü ve gerekse yapı stoğunun zafiyeti nedeni ile yoğun bina hasarına maruz kalacak bölgelerdir. Dolaylı risk arz eden bölgeler ise deprem nedeni yangın, patlama ve tehlikeli madde sızmasına maruz kalacak meskûn mahallerle, potansiyel bir baraj göçmesi nedeni ile ani su baskınına uğraması muhtemel yerlerdir (Erdik, 2007).

İstanbul'un geoteknik yapısı ve geoteknik problemlerle ilgili bilgiler mevcut ve yeni yapılmış sondajlara, kuyu içi p-dalgası ve s-dalgası yayılma hızı ölçümlerine ve kısa açıklıklı mikrotremor şebekesi kayıtlarına dayalı olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesinin (İBB), Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ile ortaklaşa yürüttüğü Deprem Risk Analiz Çalışması kapsamında (JICA-İBB) elde edilmiştir. Bu sondaj ve jeofizik etütler daha çok sıvılaşma tehlikesinin bulunduğu yerlerde yapılmıştır. Tüm bu bilgiler kullanılarak İstanbul'da mevcut zemin formasyonları NEHRP(National Earthquake Hazards Reduction Program) (1997) yönetmeliğine göre zemin sınıflandırılmasına tabi tutulmuştur. Şekil 5.2'de BU-ARC (İstanbul Metropolitan Alanı için Deprem Riskinin Değerlendirilmesi, Amerikan Kızılhaç Araştırma Projesi Raporu, Boğaziçi Üniversitesi Yayını) çalışmasında geliştirilen ve risk değerlendirmesinde kullanılan İstanbul Zemin Sınıflandırma Haritası oluşturulmuştur. Burada gösterilen F sınıfı zemin yapısı bağül olarak en riskli zemin gurubudur. F sınıf zeminler aşağıdaki zemin tiplerini içermektedir (Tablo 5.1), (İBB, 2003):

- Deprem yükleri altında sıvılaşabilecek, hassas killer, zayıf çimentolaşmış geçebilecek veya potansiyeli olan zeminler
- Organik içerikli kil tabakası 3.0m den daha kalın olan zeminler
- Çok yüksek plastik killer ($PI > 75$ olan $H > 8m$)
- Çok kalın yumuşak/orta katı killer ($H > 36m$)

Yukarıda anılan yerlerde yerleşim söz konusu olduğunda özel zemin araştırmasına gerek duyulmaktadır (İBB, 2003).

Çizelge 5.1: S-dalga hızı sınıflaması (İBB, Deprem Master Planı, 2003).

Sınıflama	Yüzeyden itibaren ilk 30 metredeki ortalama S dalgası hızı
A	$>1500m/sec$
B	760 - 1500m/sec
C	360 - 760m/sec
D	180 - 360m/sec
D1	300 - 360m/sec
D2	250 - 300m/sec
D3	220 - 250m/sec
D4	200 - 220m/sec
D5	180 - 200m/sec
E	$<180m/sec$

bulundurulduğunda (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2); İstanbul Anadolu yakası güney ve orta kesimlerinin genellikle B sınıfı zemin özelliği gösterdiği, kuzey kesimin ise sıklıkla C sınıfı zemin özelliği gösterdiği gözlenmektedir.

İstanbul Avrupa yakası orta ve kuzey kesimlerinde genellikle C sınıfı, güney kıyı kesiminde ise D ve F sınıfı zemin özellikleri gözlenmektedir.

1999 ve 2005 yılları arasında İGNA noktalarında meydana gelen yatay ve düşey konum değişimleri incelendiğinde İstanbul'un doğu kesiminde yatay konum değişim miktarının batıya göre daha fazla olduğu gözlenmektedir. Düşey konum değişimleri ise aynı bölge içinde de farklılık gösterebilmektedir.

Zemin özellikleri ile Bölüm 4'te belirtilen yatay ve düşey konum değişimleri birlikte incelendiğinde, yatay konum değişim farklarının zeminin daha gevşek olduğu İstanbul'un batı kesimine göre Doğu Marmara Depremlerinin gerçekleştiği deprem merkez üslerine daha yakın olan doğu kesiminde arttığı görülmektedir. Düşey konum değişiminin ise zeminin zayıf olduğu kuzey kıyı kesiminde zemin özelliklerine bağlı olarak arttığı söylenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuzey Anadolu Fay hattı, doğu Marmara depremlerinden önce ve sonra birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur. Yapılan bu çalışmalar, farklı yer bilimi disiplinlerinin birlikte gerçekleştirdikleri çalışmalar ve jeodezyenlerin ağırlıkta olduğu bilim insanı ya da gruplarının gerçekleştirdikleri çalışmalar şeklinde iki ayrı bölümde ele alınabilir. Bu çalışmalar arasında yer alan jeodezik çalışmaların çoğu yer hareketlerinin ve hız vektörlerinin belirlenmesi konularında gerçekleştirilmiştir.

İGNA1999, Ana ağ ve sıklaştırma Ağı noktaları olmak üzere toplam 650 nokta olarak tasarlanmıştır. Teknik Raporu 1999 yılında yayınlanan İGNA çalışması sonrasında 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde İzmit ve Düzce depremleri gerçekleşmiş, depremler sonucunda meydana gelen konum değişimleri nedeniyle İGNA ölçü ve değerlendirmelerinin yenilenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. İstanbul GPS Nirengi Ağı'nın 2005-2006 döneminde gerçekleştirilen yenileme ölçüleri sonucunda ağdaki nokta sayısı yaklaşık üç katına çıkmıştır. Deprem öncesi ve deprem sonrası yatay konum değişimlerinin karşılaştırılmasında +18,4 cm ile +89,6 cm arasında değişen farklar belirlenirken, düşey konum değişimlerinin karşılaştırılmasında ise +27,9 cm ile -31,27 cm arasında değişen farklar bulunmuştur. Meydana gelen farkların büyüklüğü, İGNA projesinin mühendislik çalışmalarına altlık olacak şekilde tasarlanması ve GPS ölçme sürelerinin bu tasarıma bağlı olarak deformasyon çalışmalarına göre kısa tutulması ile açıklanabilir. Ayrıca toplamda meydana gelen yatay ve düşey konum değişimleri 1999-2006 yılları arasında 6 yılda oluşan konum değişimidir.

İstanbul GPS Nirengi Ağı noktalarının tümü göz önünde bulundurulduğunda blok halinde bir yer değiştirmeden söz edilebilir. Doğu Marmara Depremleri merkez üslerine yaklaştıkça yatay konum değişimlerinin arttığı gözlenmektedir. Düşey konum değişim farklarının ise kuzey kıyı kesimlerde arttığı ve bazı noktalarda bölgesel değişimlerden farklı olarak artış gösterdiği gözlenmektedir. Düzensiz düşey konum değişim farklarının zemin özelliklerine göre değiştiği görülmüştür.

Yatay ve düşey konum değişimleri zemin ile birlikte incelendiğinde, zemin özelliklerinin tek başına konum değişimlerinde etkisi olmadığı gözlenmiştir, yatay konum değişim farklarının zeminin daha gevşek olduğu İstanbul'un batı kesimine göre Doğu Marmara Depremlerinin gerçekleştiği deprem merkez üslerine daha yakın olan doğu kesiminde arttığı görülmektedir. Düşey konum değişim farklarının ise blok hareketin dışında zemine bağlı olarak farklı davranışlar sergilediği görülmektedir. Düşey konum değişimlerinin genellikle deprem sırasında meydana geldiğini söylemek mümkündür bu nedenle orta ve yüksek büyüklükteki depremlerin birçoğu başta sıvılaşma türü zemin yenilmesi olmak üzere heyelan, kaya düşmesi gibi kütle hareketlerini tetiklemekte ve aynı bölgede farklı yer hareketlerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Büyüklüğü 6'dan küçük yanal atımlı depremler, genel olarak jeodezik ölçü duyarlılığının üzerinde hareket yaratmamaktadır. Arap ve Afrika tektonik plakalarının Avrasya tektonik plakası ile çarpışma bölgesinde yer alan Türkiye'de büyüklüğü 6'nın üzerinde olan birçok deprem gerçekleşmiştir. Ancak deprem olmasa dahi yıllar içinde jeodezik ölçü duyarlılığının çok üzerinde büyüklüğe ulaşan yatay ve düşey yerkabuğu hareketlerinin meydana geldiği söylenebilir. İstanbul GPS Nirengi Ağı noktalarında iki periyotta yapılan ölçmelerden yararlanılarak elde edilen yatay ve düşey konum değişimleri ile elde edilen sonuçların da Bölüm 2 de ele alınan Kuzey Anadolu Fay hattının kuzeyindeki genel karakteristik özellikleri gösterdiği görülmüştür.

Türkiye'nin büyük bir bölümünün deprem kuşağı içinde yer alması, depremlerin önceden belirlenmesinde ve deprem sonrası çalışmalarda birçok disiplinin birlikte çalışma zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Deprem bölgelerinde Jeodezik çalışmaların hedefi, yerkabuğundaki gerilmelere ve depremlere neden olan küçük yerkabuğu hareketlerinin ya da deprem anı ve sonrasında meydana gelen konum değişimlerinin yeri, yönü ve büyüklüğünün saptanması olmuştur. Jeodezik çalışmaların bahsedilen bu hedeflere ulaşması deprem bölgelerinde var olan Jeodezik ağlar ile sağlanmaktadır. Jeodezik ağlarda gerçekleştirilen çalışmaların tektoniğe sağladığı faydalar dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akçın, H., Azar, A., Mekik, Ç., Kutoğlu, H. ve Kurt, O.,** 1999. Kuzey Anadolu Fayının Bolu -Yeniçağa Geçişindeki Tektonik Hareketlerinin GPS Gözlemleri İle İncelenmesi, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- Aliosmanoğlu, Ş. ve Çelik, R. N.,** 2002 Deprem Nedeniyle Oluşan Jeodezik Altyapı Hasarlarının Büyük Ölçekli Harita Çalışmalarına Etkisi, *Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinde 30.yıl Sempozyumu*, Selçuk Üniversitesi, Konya, 16-18 Ekim 2002, s. 218-223.
- Alpar, B. ve Yaltırak, C.,** 1999. Kuzey Anadolu Fayı'nın İzmit Körfezi İçindeki Özellikleri ve 17 Ağustos 1999 Depreminin Etkileri, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- Anonim,** 2002. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999A Teknik Raporu, Harita Dergisi, Özel Sayı:16, Mayıs.
- Ayan, T., Aksoy, A., Deniz, R., Arslan, E., Çelik, R. N., Özşamlı, C., Denli, H., Erol, S. ve Özöner, B.,** 1999. İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA) Teknik Rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Ayan, T., Deniz, R., Arslan, E., Çelik, R. N., Denli, H., Akyılmaz, O., Özşamlı, C., Erol, S., Erol, B., Acar, M., Mercan, H. ve Tekdal, E.,** 2006. İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA) 2005-2006 Yenileme Ölçü ve Değerlendirmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Ayan, T., Deniz, R., Gürkan, O., Öztürk, E. ve Çelik, R.N.,** 2003. Uluslararası Jeodezik Referans Sistemleri ve CBS, *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Selçuk Üniversitesi, Konya, 24-26 Eylül, s. 126-131.
- Ayhan, M. E., Bürgmann, S., McClusky, S., Lenk, O., Aktuğ, B., Herece, E. and Reilinger, R. E.,** 2001. Kinematics of the $M_w=7.2$, November 1999, *Geophysical Research Letters*, **28**, 367-370.
- Ayhan, M. E., Demir, C., Lenk, O., Kılıçoğlu A., Açıkgöz, M., Fırat, O., Şengün, Y., Cingöz, A., Kurt, A.,** 2002. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999A Teknik Raporu, Harita Dergisi, Özel Sayı:16, Mayıs.
- Ayhan, M. E., Demir, C., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Altınır, Y., Barka, A., Ergintav, S. and Özener, H.,** 2002. Interseismic strain accumulation in the marmara sea region, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **92**, 216-229.
- Barka, A.,** 1999. The August 17th and November 12^{sd} 1999 Earthquakes in the Eastern Marmara Sea Region, *International Conference on The Kocaeli Earthquake*, ITU, İstanbul, Turkey, December 2-5.

- Barka, A., Akyüz, S., Altunel, E.,** 1999. 17 Ağustos 1999 İzmit-Adapazarı Depremi, *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, **649**, 6-7.
- Büyükyüksel, G., Çamlıdere, S., Friedrich, J., Gerstenecker, C. ve Gürkan, O., Iğdır, I., Özener, H., Sakallı, Y., Turgut, B. ve Yılmaz, O.,** 1995. Marmara Bölgesi Batı Kesimindeki Yerkabuğu Hareketlerinin Yersel Yöntemler ve GPS ile İzlenmesi, *TMMOB - HKMO 5. Harita Kurultayı*, Ankara, 31 Ocak-3 Şubat, s. 253-263.
- Cerit, O., Sezen, T. F. ve Nurlu, M.,** 1999. 17 Ağustos 1999 Güney Marmara Depremi Tektonik Özellikleri, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- Cingöz, A. ve Demir, C.,** 2002. 17 Ağustos 1999 İzmit Depremine İlişkin Deformasyon Parametrelerinin Kestirimi, *TUJK 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, İzmit, 10-12 Ekim, s.167-182.
- Çelik R.N., Özlüdemir, M. T., Doğru, A. Ö. ve Caner, G.,** 2005. Mekansal veri toplama teknolojileri ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 28 Mart-1 Nisan, s. 443-449.
- Demirtaş, R., Erkmen, C. ve Yaman, M.,** 2000. 12 Kasım 1999 Düzce depremi: yüzey kırık geometrisi, atım miktarı dağılımı ve gelecek deprem potansiyeli. Deprem Araştırma Dairesi 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu, Ankara, Türkiye.
- Doğan, U., Demirel, H., Ergintav, S., Çakmak, R. ve Özener, H.,** 2002. 17 Ağustos 1999 İzmit Depremine İlişkin Deformasyon Parametrelerinin Kestirimi, *TUJK 2002 Yılı Bilimsel Toplantısı Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, İzmit, 10-12 Ekim, s.167-182.
- Erdik, M.,** 2007. İstanbul'da Deprem Riski, *Ölçü Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada*, Mart 2007, 124-132.
- Gökten, E., Varol, B., Çemen, İ., Kılıç, R., Ateş, A., Kayabalı, K., Özaksoy, V., Koçbay, A., Candansayar, E., Orhan, A. ve Erkmen, C.,** 1999. 17 Ağustos 1999 Gölcük (Kocaeli)-Arifiye (Adapazarı) Depreminde Hasarı Meydana Getiren Faktörler, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Planlama ve İmar Dairesi ,Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü,** 2003. Deprem Master Planı, İstanbul, Türkiye
- Kavak, K. Ş., Özden, S., Tutkun, S., Z., Tatar, O. ve Doğan, B.,** 1999. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminin Yüzey Kırığı ve Neotektonik Önemi, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- Ketin, İ.,** 1969. Kuzey Anadolu Fayı hakkında, *Bull. Min. Res.Exp. Ins*, **72**, s. 1-27.
- Koçyiğit, A.,** 2006. Marmara Bölgesinin Depremselliği ve Deprem Kaynakları (Faylar), *59. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, İstanbul, Türkiye, 22 Mart.

- Komut, T. ve Ikeda, Y.**, 1999. 17/08/1999 Kocaeli Depremi Yüzey Kırığı'nın Arazi İncelemesi, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- Le Pichon, X., Taymaz, T. and Şengör, A. M. C.**, 1999. The Marmara Fault and the future İstanbul earthquake, *International Conference on the Kocaeli earthquake*, ITU, İstanbul, December 2-5, p. 41-54.
- McClusky, S.**, 2000. GPS Constraints on Crustal Movements and Deformations in the Eastern Mediterranean (1988-1997): Implications for Plate Dynamics, *Journal of Geophysical Research*, **105**, 5695-5719.
- McKenzie, D. P.**, 1972. Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, **30**, 109-185.
- Okay, A. I., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N. and Kuşçu, İ.**, 1999. An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault, *Tectonics*, **18**, 129-147.
- Özmen, B.**, 2002. İstanbul İli İçin Deprem Senaryosu, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri*, **417**, 23-28.
- Özden, S., Tatar, O., Mesci, B. L., Koçbulut, F., Tutkun, S. Z., Doğan, B. ve Tüvar, O.**, 1999. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ve Bölgesel Tektonik Anlamı, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 04-05 Kasım.
- Reilinger, R., Ergintav, S. and Burgmann, R.**, 2000. Coseismic and postseismic fault slip for the 17 august 1999, M=7.5, Izmit, Turkey, *Science*, **289**, 1519-1524.
- Şengör, A.M.C.**, 1979. The North Anatolian Fault; its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society*, **136**, 269-282.
- Taymaz, T., Jackson, J.A. and McKenzie, D.**, 1991. Active Tectonics of the North and Central Aegean Sea, *Geophysical Journal International*, **106**, 433-490.

EKLER

Çizelge A1: İGNA 1999 ve İGNA 2005’de ortak kullanılan noktaların UTM projeksiyonunda sağa yukarı koordinatları farkları

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat Farkları	
		DY	DX
1	F231H004	48,25	0,50
2	F232H090	53,01	-1,14
3	F232H030	47,63	-3,49
4	F231H006	61,50	1,86
5	F232H027	45,68	-6,46
6	F232H020	45,89	-6,10
7	F231H005	50,59	-5,30
8	F23G001	40,65	-6,20
9	F231H003	42,45	-6,87
10	F232H048	48,05	-5,25
11	F231H001	38,94	-3,27
12	F232H067	55,14	-7,33
13	F232H087	13,60	13,50
14	F232H018	44,77	-6,76
15	F222H153	40,12	-4,02
16	F232H074	58,14	-8,89
17	F232H060	51,38	-8,67
18	F222H138	38,55	-2,43
19	F222H155	40,85	-2,95
20	F222H130	37,61	-4,72
21	F232H046	46,08	-9,79
22	F232H071	54,36	-9,78
23	F232H062	60,11	-28,64
24	F222H198	42,52	-5,45
25	F232H0132	60,40	-11,59
26	F222H143	36,87	-3,31
27	F222H215	44,05	-6,61
28	F222H183	41,07	-4,94
29	F222H224	46,05	-6,90
30	F232H038	33,17	-8,31
31	F232H057	47,68	-12,30
32	F222H140	37,14	-2,30
33	F232H002	60,76	-16,46
34	F222H136	36,91	0,82
35	G231H001	65,75	-16,19
36	F232H066	50,72	-14,91
37	F222H230	42,67	-6,96
38	G232H008	63,84	-17,46
39	F222H159	37,23	-2,49
40	F221H010	44,76	-12,53
41	F222H220	41,86	-6,43
42	F222H226	42,50	-6,53
43	F222H260	44,10	-7,02
44	34330	53,77	-16,84
45	F222H292	43,69	-10,05
46	F222H145	35,57	-3,01
47	F221H002	31,54	-0,75
48	F222H279	44,33	-7,84
49	F222H279a	44,93	-9,19
50	F221H006	39,16	-6,04
51	F222H166	37,11	-2,41
52	F222H257	43,29	-8,83
53	F222H257a	43,30	-8,83
54	F222H319	46,48	-13,59
55	F222H204	39,25	-5,62
56	F222H221	41,00	-7,03
57	F222H262	43,02	-8,94
58	F222H237	42,07	-8,15
59	F222H339	48,45	-14,30
60	G232H013	72,82	-24,01
61	F222H126	41,55	-6,03
62	F222H245	41,04	-10,89
63	F222H299	45,15	-10,51
64	F222H371	49,92	-17,09
65	F222H200	37,91	-4,75
66	F222H327	44,13	-12,09
67	F222H172	35,21	-3,41
68	G232H009	62,76	-20,34
69	F222H311	44,76	-10,44
70	F222H329	45,10	-14,08
71	F222H282	41,35	-2,66
72	F222H144	36,03	-0,97
73	F222H219	37,93	-4,97
74	F222H395	50,25	-16,84
75	F222H356	46,49	-14,74
76	F222H326	44,34	-12,07
77	F222H281	42,54	-6,91
78	F222H208	36,90	-7,45
79	G232H007	58,20	-21,08
80	F222H137	31,27	0,40
81	F222H177	35,20	-3,55
82	G222H041	49,25	-25,67
83	G232H010	66,62	-24,17
84	F222H357	44,81	-12,46
85	F222H324	43,63	-10,50
86	G222H016	51,17	-18,94
87	G222H035	54,45	-17,30
88	G232H011	80,42	-30,14
89	F222H380	46,14	-13,61
90	F222H353	42,84	-11,64
91	F2220014	30,69	1,13
92	F222H297	38,41	-8,63
93	F222H196	34,85	-3,61
94	F222H209	35,55	-3,85
95	F222H414	47,91	-15,68
96	F2220013	30,64	0,52
97	G222H097	56,36	-20,62
98	F222H263	37,23	-2,15
99	F221H007	34,18	-5,11
100	G222H126	60,85	-22,70

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat	Farkları
		DY	DX
101	F22G002	43,99	-13,75
102	F222H396	45,89	-14,71
103	F222H370	41,40	-10,19
104	G222H034	48,90	-18,11
105	G222H090	53,79	-21,21
106	F2220033	31,82	1,26
107	G231H002	68,79	-27,96
108	F2220048	32,58	-2,45
109	F221H003	30,16	-1,60
110	F222H175	32,04	-3,38
111	G222H132	60,05	-23,44
112	F2220031	29,53	1,05
113	F222H254	33,93	-7,27
114	F2220039	33,14	2,04
115	G222H027	46,63	-14,83
116	F2120155	29,83	0,83
117	G232H015	81,84	-32,83
118	F222H338	37,80	-10,77
119	G221H003	55,45	-23,71
120	F222H351	41,65	-10,80
121	F2120088	28,87	2,61
122	F2220056	33,60	-2,74
123	G222H172	65,03	-25,62
124	F222H060	48,75	-19,39
125	F2220041	30,79	1,99
126	F222H310	36,79	-8,71
127	G222H100	52,75	-19,88
128	F222H240	35,75	-4,98
129	F2220046	30,96	-0,89
130	G222H051	47,61	-16,85
131	F222H398	42,43	-12,60
132	F2120156	32,40	-0,45
133	F222H217	32,73	-2,07
134	F2120153	28,55	2,77
135	G222H066	47,91	-18,30
136	G222H032	46,06	-15,35
137	F2120091	28,12	-1,28
138	G222H182	64,21	-24,45
139	F2120150	28,72	2,63
140	F211H001	25,88	3,71
141	F222H222	32,75	-1,16
142	G222H118	52,45	-22,39
143	F2220063	31,85	-0,68
144	F222H359	39,12	-8,57
145	F222H332	36,39	-9,43
146	F222H286	32,27	-7,02
147	G222H203	63,00	-28,57
148	F2220067	33,60	-1,60
149	F2220082	30,81	-2,72
150	F222H352	37,80	-8,01

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat	Farkları
		DY	DX
151	F222H261	31,75	0,79
152	F2120151	28,23	0,83
153	F2120163	29,01	-0,59
154	F2120104	29,44	4,79
155	G222H235	73,08	-28,88
156	G222H092	47,28	-15,52
157	G222H192	58,25	-24,42
158	F2220084	31,32	-3,21
159	G222H217	63,75	-25,68
160	F222H267	36,52	-1,51
161	F211H004	28,37	-0,76
162	F222H253	31,60	1,67
163	F2120007	32,24	7,49
164	G222H206	59,44	-23,13
165	F2220094	32,57	-3,31
166	F2120102	26,90	3,82
167	G222H249	76,96	-31,33
168	F2120159	28,74	2,81
169	F2120018	29,40	9,29
170	F2120115	25,98	2,98
171	F2120017	26,14	5,27
172	G222H237	67,80	-28,53
173	G222H058	43,29	-14,18
174	F2120113	28,73	2,88
175	G222H191	53,76	-24,56
176	F2120001	26,46	4,46
177	F2120008	25,72	8,09
178	G221H004	46,12	-17,12
179	F22G001	30,53	-3,88
180	F2120019	31,03	2,97
181	F2120171	30,28	-0,08
182	F2120021	26,91	5,13
183	F222H345	34,35	-7,08
184	G222H223	58,80	-26,75
185	F2120100	26,24	4,36
186	F2120009	25,80	7,11
187	F2120101	26,40	3,92
188	F2120187	34,00	1,54
189	F2120180	29,67	0,97
190	F2120186	29,20	-17,38
191	G222H195	54,94	-20,78
192	F2120049	25,68	9,38
193	F2220098	31,09	-4,13
194	F2120048	24,81	5,55
195	F2120005	26,53	9,22
196	G222H031	44,62	-11,27
197	F222H379	35,96	-6,88
198	F22G003	30,68	-3,23
199	F21G001	25,72	5,85
200	F2120026	25,27	15,59

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat DY	Farkları DX
201	G222H013	38,29	-7,93
202	F2120004	25,93	8,11
203	F2120055	27,28	6,69
204	F2120195	29,89	-2,02
205	F2120121	26,59	2,85
206	G222H050	39,90	-10,06
207	F2120027	25,62	5,58
208	G222H242	64,08	-28,48
209	F2120188	27,37	-1,13
210	G221H009	66,27	-28,60
211	F222H344	30,19	-0,60
212	G222H269	83,57	-32,34
213	F2120183	28,14	1,37
214	G222H230	58,38	-24,67
215	F2120002	26,57	8,73
216	G222H074	41,47	-7,97
217	F2120123	27,17	1,73
218	F2120197	32,62	-2,52
219	F2120192	28,56	1,27
220	G222H240	60,73	-27,92
221	F222H372	33,20	-4,84
222	G222H168	46,43	-13,22
223	G222H121	45,18	-12,23
224	F2120036	26,66	8,10
225	F2120033	27,46	6,38
226	F2120200	29,54	-0,31
227	F2120063	27,87	7,69
228	F222H369	31,63	-2,12
229	G222H151	46,48	-14,72
230	G221H010	73,09	-32,21
231	G222H254	61,96	-30,35
232	G222H197	47,67	-13,02
233	F2120057	24,13	8,71
234	F2120039	27,89	5,76
235	G222H264	68,86	-32,15
236	G222H166	43,73	-13,65
237	G222H082	38,67	-8,53
238	F2120051	25,81	7,59
239	G222H009	35,44	-4,00
240	F2020119	25,50	7,48
241	F2120053	26,21	8,54
242	F2120191	26,41	-2,46
243	F2120140	26,54	1,85
244	F2120041	27,44	3,86
245	F222H390	33,53	-4,05
246	F2120064	25,95	6,84
247	G222H265	66,00	-31,50
248	F2120206	28,20	-2,36
249	F2020127	25,01	9,44
250	G222H084	37,77	-7,40

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat DY	Farkları DX
251	G222H185	44,42	-13,00
252	F222H361	29,18	-0,75
253	F2120052	24,25	5,76
254	G222H243	54,67	-21,52
255	F2120214	30,97	-2,39
256	F2120138	25,58	3,75
257	G222H178	41,06	-12,07
258	F2020087	23,58	6,79
259	F2120126	26,53	4,00
260	F2120216	29,66	-0,82
261	F2120395	27,97	5,05
262	F222H416	32,07	-3,48
263	F2020121	24,56	8,22
264	F2120410	23,82	4,98
265	F2120044	27,97	7,06
266	G222H134	39,99	-8,06
267	F2020136	25,72	8,21
268	F2120222	31,82	-1,50
269	G222H262	56,32	-26,90
270	F2120142	31,80	8,12
271	F222H376	28,82	-1,11
272	F2120061	25,84	6,75
273	F201H002	22,48	6,32
274	F222H401	30,88	-2,77
275	F222H392	29,43	-1,62
276	F2020137	25,03	7,83
277	F2120137	29,50	1,83
278	F2120060	26,14	6,93
279	F2120236	30,28	-3,64
280	G222H268	60,64	-31,44
281	F2120396	27,77	4,62
282	G222H130	36,61	-8,17
283	F2120136	29,14	2,57
284	F211H005	27,94	1,28
285	F2120074	25,23	6,89
286	G222H259	50,92	-22,50
287	F2020134	25,23	5,18
288	G222H087	34,68	-2,97
289	F222H2462	50,50	-15,11
290	F2020138	26,75	6,81
291	F2120228	30,73	-1,34
292	F2020131	24,63	6,48
293	F2120406	27,59	4,88
294	G222H266	57,03	-25,90
295	DRAGOS	36,06	-6,86
296	G221H008	47,93	-17,53
297	G222H177	39,73	-21,00
298	F2120264	33,57	-4,43
299	G221H001	29,94	-4,87
300	G222H270	60,73	-46,33

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat	Farkları	Sıra No	Noktanın Adı	koordinat	Farkları
		DY	DX			DY	DX
301	F2120416	23,27	4,46	351	F2020277	23,33	6,79
302	F2120082	26,56	6,72	352	F2010004	23,00	6,09
303	F2020140	26,59	7,31	353	F2120453	25,02	4,12
304	F2020144	25,91	9,46	354	F2120388	26,78	6,20
305	F2020130	23,74	8,57	355	F2110007	25,54	1,29
306	F211H012	21,89	4,77	356	F2020190	24,72	7,57
307	F2020132	27,24	7,61	357	F2110008	21,20	-0,89
308	F2020142	23,76	9,89	358	G21200461	27,40	1,90
309	F2120432	25,21	2,98	359	F2020266	24,70	5,61
310	F2120258	31,02	-0,81	360	F2020192	24,12	8,27
311	F2120436	25,37	2,28	361	F2020275	25,08	6,21
312	F2020159	22,59	8,10	362	F2120511	22,98	2,23
313	F2120389	26,83	5,35	363	F2020279	24,20	7,91
314	F2120421	25,25	2,93	364	F2120490	26,70	0,35
315	F2120440	27,36	3,02	365	F2120384	26,52	5,35
316	F2020148	25,62	9,68	366	F2120378	26,76	3,24
317	F2120349	24,15	5,84	367	F201H012	20,99	6,74
318	F2120441	27,20	1,16	368	F2120518	25,02	2,36
319	F2120346	25,48	5,64	369	F2020197	24,61	6,00
320	F2120457	26,00	1,02	370	F2120513	25,59	4,18
321	F2120434	24,61	2,51	371	F2020289	22,26	6,54
322	F2120462	26,96	0,89	372	F2020280	23,93	6,05
323	F2120302	34,92	3,97	373	F2020272	23,27	2,95
324	BUYUKADA	33,41	-6,01	374	F2120491	27,80	2,19
325	F2020175	26,61	6,72	375	F2020004	22,92	7,61
326	F2120445	24,76	4,02	376	F2120524	26,06	3,45
327	F2120340	27,55	-2,48	377	F2120519	22,32	5,16
328	F2120448	22,21	2,60	378	F2020042	24,47	3,77
329	F2120393	26,97	6,10	379	F2020216	24,72	7,33
330	F2120390	24,46	1,35	380	F2020283	20,84	3,63
331	F2020173	24,42	6,06	381	F2020293	25,56	7,21
332	F2020261	24,83	6,01	382	F2120520	23,88	3,85
333	F2120392	26,31	6,94	383	F2020036	22,99	8,42
334	F2120460	26,41	1,86	384	F2120508	20,67	4,80
335	F2120454	24,02	2,64	385	F2020230	23,63	4,16
336	F2120293	26,83	0,52	386	F2020052	22,89	7,95
337	F2020015	23,77	7,06	387	F2020220	23,45	5,16
338	F201H001	19,68	5,69	388	F201H006	23,60	6,16
339	F2120391	25,84	4,32	389	F2120540	21,85	0,58
340	F2120473	28,42	1,97	390	F2020212	22,74	5,61
341	F2020002	21,08	7,02	391	F2020227	20,15	12,99
342	F2010005	22,93	6,58	392	F201H013	20,47	6,84
343	F2020259	25,06	7,54	393	F211H009	23,16	2,43
344	G2110002	27,38	-0,99	394	G2120021	24,67	-1,08
345	F2020264	26,15	5,96	395	F2020326	22,81	4,37
346	F2020263	25,60	6,77	396	F2120532	24,26	2,79
347	F2120375	29,95	4,42	397	F2120527	23,73	2,53
348	F2120370	26,50	5,72	398	F2020222	21,55	7,13
349	F2120470	24,32	1,64	399	F2020247	24,74	3,50
350	F2020171	23,16	4,25	400	F2020233	22,27	4,53

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat Farkları	
		DY	DX
401	F2120529	23,82	2,46
402	F2020447	22,64	6,76
403	F2120537	23,68	1,05
404	F201H007	21,19	5,25
405	F2020449	21,05	6,42
406	F2120546	23,47	1,62
407	F2020334	22,14	2,95
408	F2020338	24,57	2,67
409	F2020238	23,65	5,80
410	F2020249	22,47	4,33
411	F20204541	23,14	4,99
412	F20G002	21,87	3,40
413	F20G002a	21,19	3,73
414	F2120544	23,05	1,35
415	F2020348	23,46	3,39
416	F2020457	20,52	6,66
417	F2020075	20,37	6,31
418	F2120555	22,83	1,74
419	F2020362	27,75	0,74
420	F2020347	22,45	3,42
421	F2020243	18,70	18,92
422	F2020340	22,94	3,10
423	G2120002	24,62	2,89
424	F2020240	23,04	7,18
425	F2020467	22,44	5,66
426	F2020374	23,25	5,20
427	F2020358	23,77	2,10
428	F2020455	21,33	2,86
429	F2020351	22,14	3,40
430	F2020254	23,30	5,77
431	F2020461	21,31	4,84
432	F2020390	44,72	3,03
433	F2020468	18,41	0,86
434	F2020478	21,65	4,00
435	F201H011	22,11	9,86
436	F20G003	20,39	3,38
437	F2020483	25,57	1,85
438	F2020402	21,41	5,97
439	F2020473	20,24	5,75
440	F201H008	19,46	1,64
441	F2020505	21,65	1,76
442	F2020486	23,25	4,36
443	F2020432	21,20	7,03
444	F2020506	19,18	1,33
445	F2020497	23,83	6,00
446	F2020445	21,44	6,52
447	F2020523	22,18	3,73
448	F2020524	19,53	5,17
449	F2020511	20,86	-2,75
450	F201H010	20,77	4,40

Sıra No	Noktanın Adı	koordinat Farkları	
		DY	DX
451	F201H009	21,59	4,28
452	G19G001	19,64	5,87

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Merve Özyaşar
Doğum Yeri ve Tarihi: Diyarbakır 29.08.1982
Adres: İçerenköy-İstanbul
Lisans Üniversite: Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi